Série E
N° D'ORDRE : 37

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES PHYSIQUES

PAR GILBERT ROUGIER
Astronome-adjoint à l'Observatoire de Strasbourg

1re THÈSE. — CONTRIBUTION A LA PHOTOMÉTRIE GLOBALE DE LA LUNE.

2e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 26 Juin 1933, devant la Commission d'Examen

MM. PIERRE WEISS, *Président.*
G. RIBAUD, A. DANJON, *Examinateurs.*

ORLÉANS
IMPRIMERIE HENRI TESSIER
8 *bis* et 8 *ter*, rue du Faubourg Madeleine

1933

Série E

N° D'ORDRE : 37

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES PHYSIQUES

PAR GILBERT ROUGIER

Astronome-adjoint à l'Observatoire de Strasbourg

1re THÈSE. — CONTRIBUTION A LA PHOTOMÉTRIE GLOBALE DE LA LUNE.

2e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 26 Juin 1933, devant la Commission d'Examen

MM. PIERRE WEISS, *Président.*
G. RIBAUD, } *Examinateurs.*
A. DANJON, }

ORLÉANS
IMPRIMERIE HENRI TESSIER
8 *bis* et 8 *ter*, rue du Faubourg Madeleine

1933

UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

FACULTÉ DES SCIENCES

Doyen ..... M. E. ROTHÉ, Professeur de Physique du Globe.

Doyens honoraires ... MM. E. BATAILLON, P.-Th. MULLER.

Professeurs honoraires. MM. E. CHATTON, E. ESCLANGON, M. FRÉCHET, G. FRIEDEL, M. GIGNOUX, L. HACKSPILL, E. TOPSENT, H. VILLAT.

Professeurs

MM.	
G. VALIRON	Analyse supérieure.
P. WEISS	Physique générale.
H. OLLIVIER	Physique générale.
H. GAULT	Chimie organique.
C. HOUARD	Botanique.
E. TERROINE	Physiologie générale.
J. DE LAPPARENT	Minéralogie et Pétrographie.
R. THIRY	Mécanique rationnelle.
G. CERF	Calcul différentiel et intégral.
G. DUBOIS	Géologie et Paléontologie.
P. FLAMANT	Mathématiques générales.
E. CORNEC	Chimie générale.
A. DANJON	Astronomie.
P. DE BEAUCHAMP	Biologie générale.
N	Chimie minérale.
N.	Zoologie et Anatomie comparée.
N.	Physique expérimentale.
L. BOUNOURE	Zoologie.
G. FOEX	Physique générale.
H. CHERMEZON	Botanique.
G. REMPP	Physique du Globe.
R. ROMANN	Chimie physique et électrochimie.
J. LACOSTE	Physique du Globe.
H. MILLOUX	Mathématiques.

Maîtres de conférences

MM.	
Ch. STAEHLING	Chimie appliquée.
G. HUGEL	Chimie du Pétrole.
H. WEISS	Physico-chimie du Pétrole.
P. SOLEILLET	Physique mathématique.
R. BONNET	Physique et Chimie biologiques.
J. JUNG	Géologie du Pétrole.
A. ROUSSEL	Mathématiques générales.
A. CHRÉTIEN	Chimie appliquée.
J. MARESQUELLE	Botanique.
H. CARTAN	Mathématiques.
N.	Minéralogie.

Secrétaire ..... G. CUVIER.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

A MA FEMME

A Monsieur E. ESCLANGON

Membre de l'Institut

Directeur de l'Observatoire de Paris

Hommage de respectueuse reconnaissance.

A Monsieur A. DANJON

Directeur de l'Observatoire de Strasbourg

Hommage d'affectueuse gratitude.

PREMIÈRE THÈSE

CONTRIBUTION A LA PHOTOMÉTRIE GLOBALE DE LA LUNE

CHAPITRE PREMIER

DISCUSSION DES MESURES ANTÉRIEURES CONCERNANT LA PHOTOMÉTRIE GLOBALE DE LA LUNE

Parmi les observations antérieures à celles qui font l'objet de cette étude, entreprise dans le but de déterminer avec précision les variations d'éclairement donné par notre satellite en fonction de l'angle de phase, il s'en trouve de trois catégories.

Les observations de Bond, Zöllner, Pickering, qui ont fait également des mesures photométriques du Soleil, leur ont permis de déterminer l'albedo de notre satellite.

Les observations visuelles d'Herschel et photographiques de King, où la magnitude de la Lune rapportée à celles des étoiles a été déterminée dans l'échelle de Harvard, peuvent également permettre de calculer l'albedo, les magnitudes visuelle et photographique du Soleil étant connues d'autre part.

Wislicenus a pris comme étalon l'étoile Polaire ; mais les systèmes optiques utilisés pour les mesures de la Lune d'une part et les mesures de la Polaire d'autre part étant différents, et le facteur de réduction pour passer d'un système à l'autre n'ayant pas été déterminé, ses mesures sont relatives comme celles de Scheller et de Stebbins et Brown où la Lune n'a été comparée qu'à un étalon photométrique.

Tous les problèmes de photométrie qui se posent à l'astronome, sont dominés par l'absorption atmosphérique dont il est impossible de s'affranchir. Les correc-

tions d'absorption qu'il faut apporter aux observations, ne présentent malheureusement pas le caractère de sécurité que les astronomes paraissent leur attribuer généralement. J'en donnerai dans ce mémoire maintes preuves. Exceptionnellement il m'est arrivé d'observer par temps un peu brumeux ou nuageux pour me rendre compte de l'évolution du phénomène d'absorption. Mais cette évolution peut se poursuivre par ciel pur ou du moins paraissant tel, et c'est là le fait grave pour l'astronome qui s'adonne aux mesures photométriques. Le témoignage de ses sens n'est pas suffisant pour le mettre en garde contre l'erreur.

Je me propose tout d'abord d'examiner, dans l'ordre chronologique des observations qui n'est pas toujours celui des publications, les mesures anciennes en cherchant surtout s'il est possible de les améliorer par une révision des corrections d'absorption atmosphérique. Réservant pour le moment la question de l'albedo, je ne les envisagerai toutes que comme mesures relatives. Cette discussion m'amènera, chemin faisant, à corriger quelques erreurs matérielles de réduction.

Les premières observations remontent à 1836. Elles ont été faites par John Herschel pendant son séjour au Cap de Bonne Espérance (*Results of Astronomical Observations made at the Cape of Good Hope*, 1847, p. 353 à 372).

Herschel s'était proposé, non pas de déterminer la loi de variation de l'éclairement donné par la Lune en fonction de l'angle de phase, mais de faire des mesures photométriques des étoiles en utilisant la Lune comme source de comparaison, la loi de variation étant supposée connue d'après la théorie d'Euler.

Dans ce but il avait imaginé son « astromètre », qui permettait de former dans la direction de l'étoile vue à l'œil nu une image ponctuelle de la Lune, affaiblie dans un rapport convenable pour permettre l'égalisation avec l'étoile. La figure 1 reproduit le dessin donné par Herschel dans son mémoire. Sur un chariot mobile AB était monté un objectif à court foyer L, précédé d'un prisme à réflexion totale P, mobile à l'aide du bras CD autour d'un axe perpendiculaire à celui de l'objectif. Ce chariot pouvait se déplacer sur une tige rigide longue de 3 m. 75 autour de laquelle un contrepoids Q le maintenait en équilibre indifférent.

L'observateur, dont l'œil était placé près de l'extrémité inférieure de la tige qui servait de banc photométrique, pouvait l'amener dans n'importe quel azimut en tournant autour d'un mât haut de 6 mètres ; pour faire varier la hauteur, l'extrémité supérieure de la tige pouvait être élevée ou abaissée à volonté à l'aide d'une corde.

La tige étant dirigée vers l'étoile à observer, et son extrémité inférieure reposant dans une chape fixée sur un trépied, il suffisait de la faire tourner de

manière à ce que les arêtes du prisme fussent perpendiculaires au plan contenant l'étoile et la Lune pour trouver l'image de cette dernière par simple rotation du prisme. La distance angulaire des deux astres devait être comprise entre 102°43′, angle au delà duquel cesse la réflexion totale, et 65° environ. On voit que la portion du ciel accessible à l'instrument autour de la Lune était assez grande pour trouver chaque soir plusieurs étoiles de comparaison. La distance de l'étoile artificielle à l'œil était lue sur un ruban gradué en pouces, dont l'origine était au foyer N de la lentille, et que l'observateur tendait jusqu'au contact de la paupière.

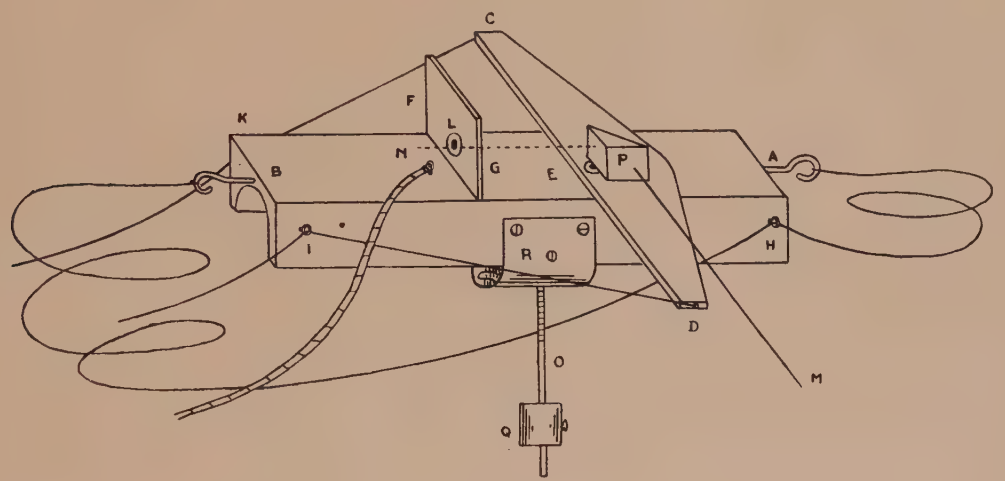


Fig. 1.

En réduisant ses observations, Herschel a été manifestement déçu de constater que les variations d'éclat de l'étoile artificielle ne peuvent se calculer en appliquant la loi d'Euler. Un tel résultat n'a rien de surprenant ; pour s'en convaincre il n'est point besoin de mesures photométriques. Il suffit en effet d'observer la Lune à l'œil nu pour s'assurer que la brillance du terminateur est très inférieure à celle du limbe. La loi d'Euler est donc, dans le cas de la Lune, grossièrement fausse.

Herschel attribue la discordance qu'il trouve, à l'éclairement du ciel par la Lune, qui, d'après lui, troublerait les comparaisons ; si cette explication était valable les magnitudes des étoiles devraient être affectées d'une erreur systématique dépendant de la distance angulaire à la Lune. Bond a montré que les observations d'Herschel ne présentent pas d'erreur systématique de ce genre (*Memoirs of the American Academy*, New Series, Vol. VIII, 1861, p. 245).

Les observations d'Herschel, dans lesquelles la Lune a été comparée à un assez grand nombre d'étoiles, dont les magnitudes sont maintenant connues avec une précision satisfaisante, se prêtent donc bien à la résolution du problème inverse de celui que s'était proposé Herschel. La méthode même d'observation, si elle n'élimine pas complètement les erreurs qui peuvent résulter de l'incertitude sur l'absorption atmosphérique, est de nature à les atténuer beaucoup (1).

Russell a donné une nouvelle réduction des observations d'Herschel (*Astrophysical Journal*, 43, 1916, p. 118) en utilisant, pour les étoiles, les magnitudes données dans *Revised Harvard Photometry*. Comme on ne dispose pas actuellement de valeurs plus précises, il est inutile de reprendre cette réduction et j'adopterai pour les magnitudes de la Lune les valeurs m données par Russell (*loc. cit.*, p. 120, tableau VIII). Il suffit de faire subir à ces valeurs une correction pour les ramener à la distance géocentrique moyenne de la Lune et du Soleil.

Pour établir le graphique relatif aux observations d'Herschel, au lieu d'adopter pour l'angle de phase la différence $\Delta\lambda$ des longitudes de la Lune et de l'Antisoleil, qui peut entraîner une erreur de plusieurs degrés au voisinage de la pleine Lune, j'ai calculé l'angle de phase géocentrique θ_g par la formule :

$$\cos \theta_g = \cos \Delta\lambda \cos \beta,$$

β représentant la latitude de la Lune.

Les valeurs de θ_g sont données dans le tableau suivant ainsi que les valeurs de m; la magnitude de la Lune vue dans l'astromètre à une distance de 100 pouces de l'objectif est prise comme origine.

La réduction à la distance moyenne c est calculée à l'aide de la formule

$$c = 5 \log \frac{\Delta}{R \times 933'',5}$$

où Δ représente le diamètre apparent de la Lune au moment de l'observation, et R le rayon vecteur de la Terre en unités astronomiques. La dernière colonne m_c donne les magnitudes corrigées de la Lune dans l'échelle adoptée par Russell.

---

(1) En calculant les distances zénithales des étoiles observées par John Herschel pendant la soirée du 3 avril 1836, on constate qu'elles sont comprises entre 25° et 43°. Les masses d'air n'ont donc varié qu'entre 1,10 et 1,37 et il est impossible d'utiliser les observations pour appliquer la méthode de Bouguer.

Comme la Lune a culminé au Nord à une distance zénithale de 20° et que l'angle horaire de la Lune n'a pas dépassé 2^h40^m au début de la soirée, sa distance zénithale est restée faible comme pour les étoiles.

On peut donc dire que, du point de vue de l'absorption, les observations d'Herschel peuvent être considérées comme différentielles si, au Cap de Bonne-Espérance en 1836, un effet d'azimut n'entrait pas en cause.

Quel que soit le lieu d'observation, un tel effet est surtout à redouter pour les grandes distances zénithales.

TABLEAU I

Date		b_g	m	c	m_c
1836 Mars	28.....	— 50°9	+ 2^{m}12	— 0^{m}04	+ 2^{m}08
	30.....	— 25,5	1,56	+ 0,02	1,58
	31.....	— 14,1	0,93	+ 0,04	0,97
Avril	1.....	— 3,3	0,45	+ 0,06	0,51
	3.....	+ 27,6	1,19	+ 0,10	1,29
	4.....	+ 41,4	1,61	+ 0,10	1,71
	7.....	+ 81,8	2,71	+ 0,07	2,78
	26.....	— 59,1	2,06	— 0,03	2,03
	27.....	— 46,0	1,73	+ 0,01	1,74
Juin	29.....	+ 13,9	1,00	+ 0,12	1,12
Juillet	22.....	— 75,3	2,29	+ 0,03	2,32
	24.....	— 46,8	1,58	+ 0,09	1,67
	26.....	— 19,3	1,10	+ 0,11	1,21
Août	22.....	— 50,2	1,52	+ 0,09	1,61
	23.....	— 37,2	1,35	+ 0,09	1,44
Novembre	19	— 38,6	1,53	0	1,53
	25.....	+ 31,1	1,77	— 0,08	1,69
Décembre	17.....	— 57,0	1,85	— 0,01	1,84
	26.....	+ 43,8	1,56	— 0,08	1,48

Nous retrouvons à 0^m,01 près les corrections de distance données par Russell dans la sixième colonne du tableau VIII déjà mentionné, sauf pour les trois dernières observations où les valeurs données par Russell sont erronées ; ceci entraîne une rectification des nombres donnés dans les colonnes 8 et 10 du tableau VIII.

TABLEAU II

	Correction à la distance moyenne		Image de la pleine Lune		Résidus	
1836 Nov. 25	— 0^{m}08 au lieu de	+ 0^{m}07	0^{m}92 au lieu de	1^{m}07	+ 0^{m}21 au lieu de	+ 0^{m}36
Déc. 17	— 0,01	+ 0,11	0,54	0,44	— 0,17	— 0,27
26	— 0,08	+ 0,14	0,35	0,57	— 0,35	— 0,14

Comme les poids assignés par Russell à ces trois observations sont très faibles, en raison du petit nombre d'étoiles auxquelles la Lune a été comparée, ces erreurs n'affectent en rien les conclusions de Russell. La moyenne pondérée des magnitudes de l'image de la pleine Lune est de 0^m,70 au lieu de 0^m,71 ; l'erreur est donc négligeable si les poids attribués par Russell sont conservés.

La figure 2 représente les observations d'Herschel ; j'ai figuré par un point noir entouré d'un cercle celles auxquelles Russell a attribué un poids égal seulement à l'unité.

L'examen du graphique montre que les observations d'Herschel sont parfai-

tement cohérentes à l'exception de deux aux phases — 51° et — 25°. Ces deux points correspondent justement aux deux premières soirées de la série et Russell a attribué à ces observations le poids le plus élevé, à cause du plus grand nombre d'étoiles utilisées dans ces deux comparaisons. Mais, si l'on se reporte aux observations originales, on constate que, pendant ces deux premières soirées, Herschel s'est contenté d'exécuter un seul pointé pour la plupart des étoiles examinées, alors que, pendant les soirées suivantes, très rares sont les étoiles qui ne comportent qu'un seul pointé.

Il paraît légitime d'admettre que les deux premières soirées peuvent être

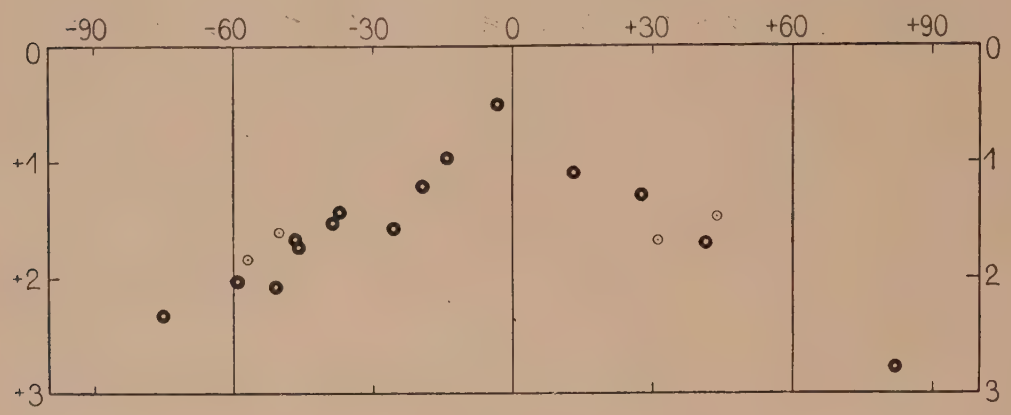


Fig. 2.

considérées comme des séances d'essai où l'observateur s'est entraîné aux observations photométriques et au cours desquelles il a pressenti l'équation de position.

Herschel, parlant des avantages de l'étoile artificielle donnée par son astromètre, s'exprime en effet en ces termes : « Cette image est visible pour un œil situé n'importe où dans le cône divergent de rayons formé en arrière du foyer et d'éclat apparent égal (pour une même distance) partout sauf juste vers les bords du cône. Elle permet ainsi à l'observateur une grande latitude de déplacement sans bouger l'appareil et un libre choix de sa position pour exécuter les comparaisons — ce qui est de la plus haute importance pour le succès de l'observation — puisque cela lui permet d'amener l'étoile vraie plus près ou plus loin de l'étoile artificielle, à gauche ou à droite, en dessus ou en dessous d'elle — faute de quoi il est impossible de juger correctement de leur égalité exacte par suite des impuretés flottant dans l'humeur aqueuse des yeux et d'autres causes innombrables qui influent à un degré extraordinaire (difficilement croyable à qui n'en a pas

fait l'essai) sur notre jugement dans de telles comparaisons. » (*loc. cit.*, p. 355) et plus loin « un nombre suffisant d'égalisations doit être fait pour donner confiance dans la moyenne des lectures et pour fixer les limites d'erreur possible à la fois par défaut et par excès, aussi bien que pour éliminer par la variété des positions de la tête de l'observateur et par jugement alterné de l'œil droit, de l'œil gauche et des deux yeux (toutes causes qui influent étrangement) les nombreuses sources d'illusion auxquelles le jugement d'égalité est sujet. »

Les remarques d'Herschel sont fort judicieuses, mais il est extrêmement probable que cette manière de voir ne s'est pas imposée à lui dès le premier instant, car il faut avoir pratiqué les mesures photométriques pour se rendre compte des soins méticuleux qu'elles exigent. C'est pourquoi il m'a paru bon d'examiner les poids attribués aux observations par Russell.

Ces poids sont sensiblement proportionnels à la racine carrée du nombre d'étoiles observées chaque nuit. Il ne serait pas plus arbitraire de les choisir sensiblement proportionnels à la racine carrée du nombre de pointés effectués au cours de la nuit. Il semble plus logique de tenir compte à la fois du nombre d'étoiles et du nombre de pointés.

Le tableau III donne pour chaque date ces deux éléments et les poids qu'on en déduit. Quoique les poids soient modifiés pour quatre soirées seulement (mars 28 et 30, avril 3 et 4), la moyenne pondérée de la pleine Lune prend la valeur 0,67. La dernière colonne donne les nouveaux résidus.

TABLEAU III

Date		Nombre d'étoiles	Nombre de pointés	Poids	Résidus
1836 Mars	28.....	17	19	2	+ 0^{m}26
	30.....	17	22	2	+ 0,33
	31.....	4	12	2	+ 0,01
Avril	1.....	5	30	2	— 0,17
	3.....	13	118	5	— 0,07
	4.....	12	61	4	— 0,04
	7.....	5	13	2	— 0,11
	26.....	13	44	3	+ 0,01
	27.....	19	55	4	+ 0,04
Juin	29.....	5	16	2	+ 0,14
Juillet	22.....	8	32	2	— 0,16
	24.....	8	26	2	— 0,06
	26.....	13	50	3	+ 0,11
Août	22.....	3	13	1	— 0,20
	23.....	5	24	2	— 0,05
Novembre	19.....	12	34	3	+ 0,01
	25.....	1	1	1	+ 0,25
Décembre	17.....	3	5	1	— 0,13
	26.....	2	8	1	— 0,32

L'examen des nouveaux résidus montre qu'ils sont supérieurs à $0^m,20$ en valeur absolue dans quatre cas seulement, savoir les 28 et 30 mars qui sont les deux premières soirées où Herschel a observé et les 25 novembre et 26 décembre, soirées qui n'ont reçu que le poids 1.

Les résidus, inférieurs ou égaux à $0^m,20$, prouvent que les observations d'Herschel ne sont pas affectées d'erreurs systématiques provenant de l'éclairement du ciel, puisque nous trouvons $— 0^m,17$ pour une phase très voisine de la pleine Lune, $\theta_g = — 3^o$, tandis que nous avons $— 0^m,16$ pour $\theta_g = — 75^o$ et $+ 0^m,11$ pour $\theta_g = + 82^o$, phases les plus marquées qu'ait observées Herschel. Nous trouvons d'autre part $+ 0^m,14$ pour $\theta_g = + 13^o$, phase bien voisine de la pleine Lune. On arrive donc à la même conclusion que Bond par une autre voie.

Il y a plus ; les faibles résidus, inférieurs ou égaux au dixième de magnitude, que donnent les nuits, au nombre de six, dont les poids sont égaux ou supérieurs à 3, prouvent que la méthode d'observation est bonne, à la condition d'observer un nombre suffisant d'étoiles convenablement placées. Elle mériterait d'être reprise avec un instrument de ce genre qu'on pourrait faire de dimensions plus réduites pour le rendre facilement maniable.

Bond, ayant constaté le désaccord que présentent les observations d'Herschel avec les théories proposées par Euler et Lambert et n'ayant pu trouver une formule empirique qui soit d'accord avec l'observation, a entrepris des mesures photométriques de la Lune en 1860 (*Memoirs of the American Academy*, New Series, VIII, 1861, p. 246 à 254).

Il emploie, comme source de comparaison, la partie centrale de la flamme d'un bec Carcel, limitée par des diaphragmes de diverses ouvertures, et observe les images de la Lune et de la source de comparaison données par une sphère réfléchissante (sphère de verre remplie de mercure, ou argentée sur sa paroi intérieure). L'égalité des deux images voisines est obtenue en faisant varier la distance de la source à la sphère. Il spécifie qu'il faut prendre la précaution de se placer de manière à ce que la ligne de visée fasse des angles égaux avec la direction de l'astre d'une part, avec celle de la source de comparaison d'autre part.

Bond a utilisé plusieurs lampes Carcel avec ou sans diaphragme, avec ou sans écran de verre. Il choisit comme étalon la lampe S, munie du diaphragme X et de l'écran de verre. Les comparaisons nécessaires ont été faites pour ramener toutes les observations à cet étalon.

Pour calculer les magnitudes relatives de la Lune en fonction de la phase, j'ai adopté la magnitude o pour l'étalon de Bond placé à la distance de un pied.

La première colonne du tableau IV donne la date, la seconde la moyenne D des distances de la lampe, la troisième la valeur de 5 log D qui fournit les éclats relatifs en magnitude, la quatrième la constante à ajouter, obtenue en tenant compte des facteurs indiqués par Bond pour chaque observation, la cinquième les magnitudes brutes, la sixième la correction de réduction à la distance moyenne géocentrique de la Lune et du Soleil, la septième la correction d'absorption en adoptant K = $0^m,24$, valeur utilisée par Bond, la huitième la magnitude corrigée de la Lune et la neuvième l'angle de phase géocentrique à l'instant de l'observation.

TABLEAU IV

Date	D	5 log D	c	m	d	a	m_c	θ_g
1860 Mars 24	37,7	+ 7^m88		+ 7^m88	— 0^m08	— 1^m65	+ 6^m15	— 152°2
25	10,6	+ 5,13		+ 5,13	— 0,05	— 0,62	+ 4,46	— 141,0
27	5,47	+ 3,69		+ 3,69	0	— 0,44	+ 3,25	— 117,2
»	11,93	+ 5,38	— 1^m66	+ 3,72	— 0,02	— 0,44	+ 3,26	»
29	5,68	+ 3,77	— 1,66	+ 2,11	+ 0,07	— 0,26	+ 1,92	— 93,0
Avril 2	3,26	+ 2,57	— 1,49	+ 1,08	+ 0,16	— 0,31	+ 0,93	— 38,7
»	14,9	+ 5,87	— 5,49	+ 0,42	+ 0,15	— 0,39	+ 0,18	— 38,0
5	18,8	+ 6,37	— 6,37	0,00	+ 0,14	— 0,45	— 0,31	+ 5,6
6	13,5	+ 5,65	— 5,76	— 0,11	+ 0,11	— 0,49	— 0,49	+ 19,3
Mai 2	2,67	+ 2,13	— 1,66	+ 0,47	+ 0,11	— 0,39	+ 0,19	— 29,8
25	9,7	+ 4,93	— 1,66	+ 3,27	+ 0,07	— 0,42	+ 2,92	— 113,4
28	4,0	+ 3,01	— 1,49	+ 1,52	+ 0,07	— 0,39	+ 1,20	— 73,2
»	4,76	+ 3,39	— 1,66	+ 1,73	+ 0,07	— 0,39	+ 1,41	»
Juin 2	2,30	+ 1,81	— 1,66	+ 0,15	+ 0,01	— 0,73	— 0,57	— 7,2

La figure 3 représente le graphique des observations de Bond. J'ai laissé de côté les observations du 30 mars et du 4 mai, faites dans des conditions atmosphériques trop défavorables pour avoir quelque valeur. Le 24 mars Bond note : « Quelques nuages à l'horizon mais le ciel paraît parfaitement clair dans les intervalles » et le 5 avril : « Le ciel paraît clair, mais non parfaitement transparent. » Il est certain que le ciel était moins transparent que de coutume et le coefficient K adopté est trop faible. D'après les résultats de la discussion sur l'absorption (voir Chap. V), ces observations ne peuvent servir qu'à calculer le coefficient K.

Les deux observations du 2 avril sont en désaccord ; le ciel est noté « parfaitement clair, aucun nuage visible pendant la soirée ». Une erreur a dû être commise pendant l'exécution de la première observation. En admettant une erreur de lecture d'une unité, on aurait D = 2,26 et m_c = + 0,13 ; mais il y a quatre lectures successives toutes inscrites avec le chiffre 3 !

Les recherches de Zöllner ont eu pour but de mettre sur pied une théorie, qui rendît compte des variations de l'éclairement de la Lune en fonction de la phase, pour pouvoir utiliser toutes ses mesures de la Lune à la détermination de l'albedo. (*Photometrische Untersuchungen*, Leipzig, 1865).

Zöllner a exécuté des mesures du Soleil et de la Lune en 1864 par deux méthodes qui utilisent toutes deux le photomètre à polarisation qu'il a conçu. Dans la première méthode l'image du Soleil ou de la Lune est comparée à une plage

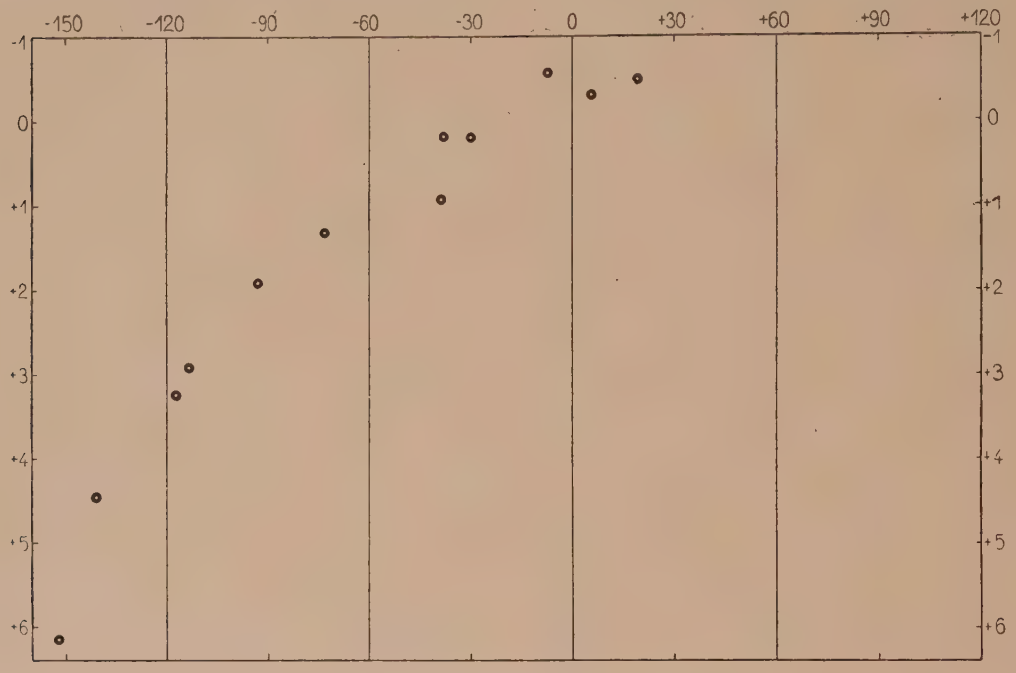


Fig. 3.

de même diamètre angulaire, obtenue à l'aide d'une source auxiliaire qui doit rester constante pendant toute la durée des observations. Dans la deuxième l'image ponctuelle de la Lune ou du Soleil est comparée à une étoile artificielle donnée par la source auxiliaire.

Les observations de la Lune faites par l'une ou l'autre méthode sont au nombre de vingt-deux (*loc. cit.*, tableau III, p. 102).

Les éléments tirés de ce tableau figurent ici dans le tableau V sous une forme légèrement différente : les différences de magnitude sont calculées en prenant comme origine l'observation du 19 juin 1864, phase la plus rapprochée de la pleine Lune. Les phases géocentriques ont été recalculées. L'état du ciel pris dans le registre des observations (*loc. cit.*, p. 180 à 188) est indiqué.

TABLEAU V

Date		m_0	θ_g	Ciel
1863 Novembre	21	+ 0m88	— 41°6	Très clair.
	27	+ 0,59	+ 28,4	*id.*
	28	+ 0,93	+ 39,5	*id.*
	30	+ 1,71	+ 62,2	Clair.
1864 Mars	19	+ 0,80	— 39,6	*id.*
	20	+ 0,61	— 28,2	Un peu brumeux.
	23	+ 0,13	+ 6,4	*id.*
Mai	20	+ 0,07	— 8,5	Très clair.
Juin	19	0	— 3,5	*id.*
	20	+ 0,19	+ 13,7	Début brumeux, puis clair
	21	+ 0,57	+ 27,1	Très clair.
	22	+ 1,03	+ 42,4	Clair.
	24	+ 2,07	+ 69,6	Cirri, puis très clair.
Juillet	13	+ 1,76	— 70,3	Très clair.
	14	+ 1,40	— 58,1	*id.*
	15	+ 1,09	— 45,9	*id.*
	16	+ 0,76	— 32,8	Clair.
	17	+ 0,39	— 19,1	Moins clair, Cirri.
Août	15	+ 0,35	— 25,4	Très clair.
Septembre	13	+ 0,47	— 27,9	*id.*
Novembre	12	+ 0,11	— 11,0	*id.*
	17	+ 1,32	+ 52,9	*id.*

Le graphique relatif aux observations de Zöllner est donné figure 4. Il n'y a pas de différence systématique entre les observations faites par l'une ou l'autre méthode. La première méthode a été utilisée du 19 mars au 24 juin inclus, soit

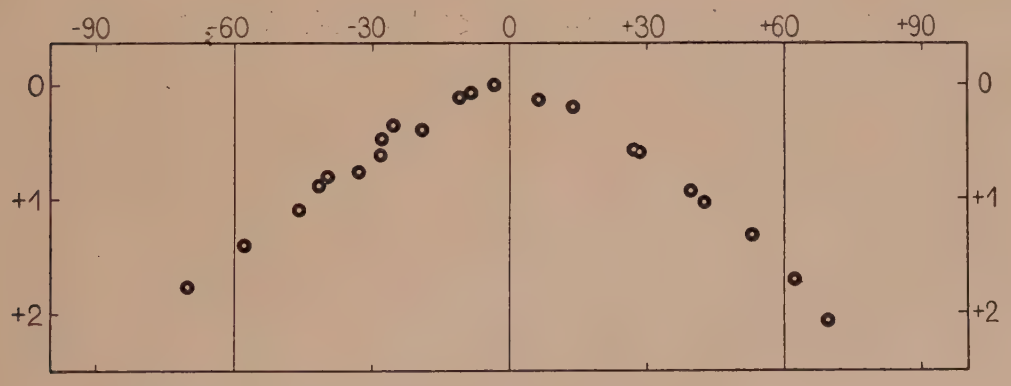


Fig. 4.

pour 9 observations sur 22. Les corrections d'absorption ont été tirées par Zöllner des tables de Seidel ($K = 0^m,24$). Il n'y a pas d'écart systématique fonction de la distance zénithale. Plus de la moitié des nuits sont notées comme très claires ;

pour trois seulement le ciel a été noté légèrement brumeux, mais le coefficient K ne paraît pas avoir été sérieusement affecté.

Il est regrettable que Zöllner, qui a observé sous un ciel certainement favorable, se soit contenté d'un nombre aussi petit d'observations et n'ait pas tenté de mesures au delà de 70° de la pleine Lune.

Cette lacune a été comblée par Wislicenus, qui a exécuté à Strasbourg, du 20 mai 1893 au 15 septembre 1895, la plus importante série d'observations photométriques de la Lune, entreprise jusqu'à ce jour, pour déterminer la courbe expérimentale d'éclairement de notre satellite en fonction de l'angle de phase.

Ces observations n'avaient pas été réduites par leur auteur ; Wirtz, qui a réduit et discuté vingt ans après les observations de Wislicenus (*A. N.*, 4816-4817, Bd 201, p. 289 à 307), fait ressortir l'avantage qu'elles présentent, sur toutes celles précédemment publiées, à la fois par le nombre des observations qui atteint cent deux et par leur répartition homogène sur toutes les phases.

Wislicenus a utilisé le photomètre à polarisation de Zöllner. Une mesure complète comprend quatre pointés sur l'étoile Polaire, huit sur la Lune, puis de nouveau quatre sur la Polaire. Wislicenus employait un système optique comportant deux lentilles pour rendre l'image de la Lune ponctuelle et interposait sur le faisceau des écrans neutres de densité connue. Comme l'affaiblissement apporté par le système optique, qui servait pour la Lune seule, n'a pas été déterminé, les éclats mesurés sont purement relatifs.

Wirtz a réduit les observations de Wislicenus avec grand soin, puisqu'il ne s'est pas contenté de calculer seulement la distance topocentrique ou distance vraie de l'observateur à la Lune pour la réduction à la distance moyenne, mais qu'il a calculé en outre l'angle de phase topocentrique.

Comme Wirtz a employé la table de Muller, pour corriger ces observations de l'absorption atmosphérique, on peut craindre toutefois qu'il ne subsiste des erreurs systématiques dues à l'absorption, quoique, d'après Wirtz, Wislicenus se soit astreint à ne travailler que par des nuits très claires. Le registre d'observations contient pour 27 nuits sur 102 des remarques dont certaines permettent de suspecter qu'il n'en a pas toujours été ainsi.

Pour élucider ce point, il suffit de voir si les résidus présentent une allure systématique fonction de la distance zénithale à laquelle la Lune a été observée. Les éléments nécessaires se trouvent dans la publication de Wirtz. La colonne 8 du tableau des observations (*loc. cit.*, p. 295 à 298) contient, sous le signe $e\,\zeta$, les corrections d'absorption évaluées en magnitudes qui sont proportionnelles aux masses d'air traversées ; la colonne 4 du tableau des éclats, ordonnés suivant

les angles de phase (*loc. cit.*, p. 300 à 302), fournit les écarts O — C de chaque observation relativement à la courbe qui résulte de l'ensemble des observations. En portant en abscisses les $e_{\mathbb{C}}$ et en ordonnées les écarts O — C, on obtient le graphique de la figure 5, qui montre que le coefficient d'absorption moyen K est nettement

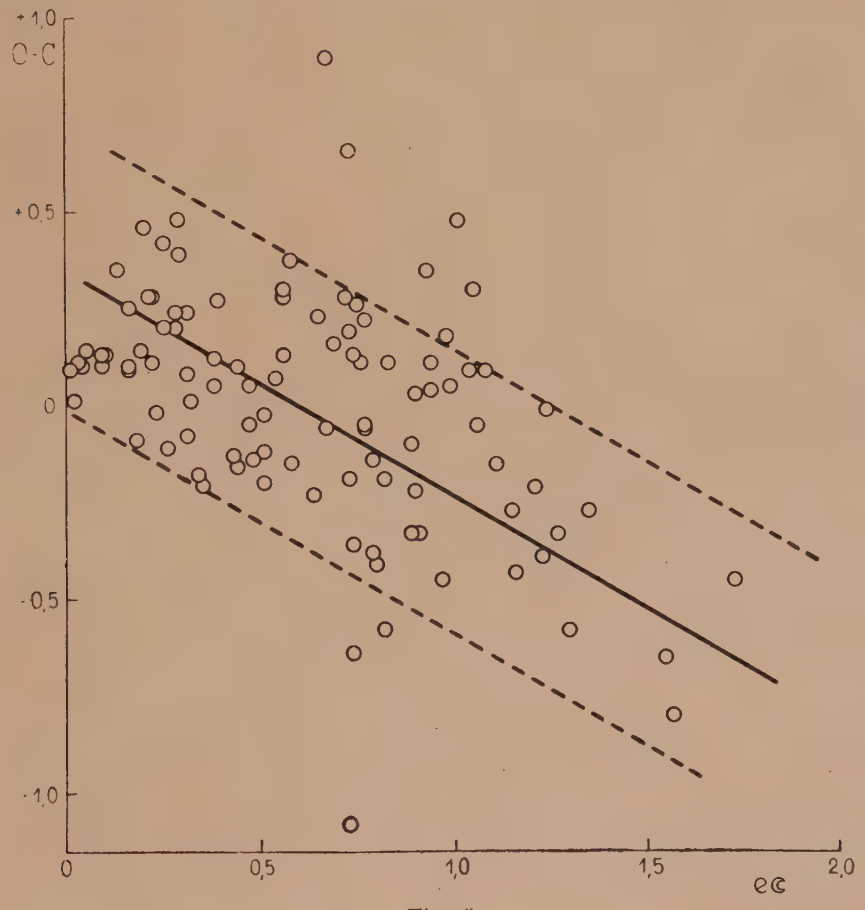


Fig. 5.

supérieur à celui qui a été utilisé pour la réduction. A quelques exceptions près, les points se répartissent sur une bande, dont la largeur renseigne sur la précision des observations, nettement inclinée sur l'axe des abscisses, alors que, si le coefficient moyen K était correct, les points se répartiraient sur une bande horizontale.

La pente de la droite qui représente au mieux l'ensemble des observations est égale à 0,57 ; c'est le facteur par lequel il faut multiplier les corrections d'absorption $e_{\mathbb{C}} - e_{\star}$ de Wirtz, pour obtenir le terme correctif à leur ajouter, de manière à supprimer l'erreur systématique mise en évidence.

Dans sa discussion, Wirtz a cherché si les corrections d'absorption, qu'il a déduites des tables de Muller, étaient correctes. Il a utilisé pour cela les soirées, au nombre de quinze, où Wislicenus avait observé la Lune plusieurs fois à des distances zénithales suffisamment différentes pour permettre la détermination de K. En procédant de la sorte il fut conduit à $K = 0^m,264$, ce qui correspond à un facteur de transmission $T = 0,784$, valeur voisine de celle qui correspond aux tables de Muller. C'est pourquoi il a jugé inutile de modifier les valeurs déjà adoptées pour les magnitudes de la Lune.

Nous sommes conduits au contraire à la valeur $K = 0^m,361$ qui correspond à $T = 0,717$. Pour nous rendre compte d'où provient le désaccord, il faut examiner les points qui, sur le graphique, correspondent aux quinze soirées examinées par Wirtz. Dans la plupart des cas ils se placent sur une droite presque horizontale, ce qui est d'accord avec le résultat de Wirtz. On trouve aussi des droites de même inclinaison que la droite choisie et d'autres dont la pente est intermédiaire (1).

Il ne serait donc pas légitime d'appliquer sans discernement la correction trouvée à toutes les observations. Puisqu'on a la chance de trouver des soirées pour lesquelles le coefficient d'absorption a été déterminé, il faut en profiter.

Pour établir le tableau suivant, j'ai employé le coefficient $K = 0^m,36$ pour toutes les soirées où une seule observation a été faite et pour quelques autres où le coefficient déterminé est égal à cette valeur ou du moins très voisin.

Les observations sont rangées dans l'ordre chronologique et le numéro inscrit dans la première colonne correspond à celui du tableau de Wirtz, p. 295 à 298. La deuxième colonne fournit la correction $e_{\mathbb{C}} - e_{\star}$ appliquée par cet auteur ; la troisième colonne donne le terme correctif $0,57\ (e_{\mathbb{C}} - e_{\star})$ qu'il faut ajouter aux magnitudes de la Lune, prises dans la onzième colonne du tableau de Wirtz, pour obtenir les magnitudes inscrites dans la quatrième colonne du tableau

---

(1) Wirtz admet parfaitement que le facteur de transmission de l'atmosphère varie dans de larges limites et il attribue à cette cause les erreurs moyennes élevées qu'il trouve.

Il insère dans sa discussion des observations de Vénus qu'il a personnellement faites dans le but de déterminer l'absorption. Ces mesures ont été obtenues à de grandes distances zénithales par la méthode des degrés d'Argelander ; les résultats sont les suivants :

Date		T	K
1903 Mai	21	0,485	$0^m,786$
	22	0,498	0,756
	23	0,445	0,879
	24	0,769	0,285
1905 Mars	25	0,698	0,384

Remarquons que ces soirées sont notées comme pures, sauf la troisième qui porte la mention « Peut-être un peu brumeux ».

suivant sous le signe ☾ — ✶ réduit. Les angles de phase topocentriques de la cinquième colonne sont ceux de Wirtz.

TABLEAU VI

N	$e_☾ - e_✶$	$0{,}57(e_☾ - e_✶)$	☾ — ✶ réduit	θ_t	N	$e_☾ - e_✶$	$0{,}57(e_☾ - e_✶)$	☾ — ✶ réduit	θ_t
1	+ 0m18	+ 0m10	+ 1m37	— 112°1	52	+ 0m19	+ 0m11	+ 2m87	+ 58°6
2	+ 0,36	+ 0,20	+ 3,55	— 38,9	53			+ 2,34	— 86,1
3	+ 0,41	+ 0,23	+ 4,06	— 17,8	54			+ 2,40	— 85,1
4	+ 0,57	+ 0,32	+ 4,27	— 8,4	55			+ 2,43	— 84,1
5	+ 0,49	+ 0,27	+ 4,58	— 7,9	56	— 0,06	— 0,03	+ 2,55	— 72,4
6	+ 0,82	+ 0,47	+ 3,78	+ 26,4	57	— 0,04	— 0,02	+ 2,98	— 59,0
7	+ 0,83	+ 0,47	+ 3,85	+ 27,6	58	— 0,06	— 0,03	+ 2,91	— 58,3
8	+ 0,99	+ 0,56	+ 3,86	+ 37,2	59	+ 0,12	+ 0,07	+ 4,02	— 17,7
9	+ 0,66	+ 0,37	+ 3,89	+ 37,9	60			+ 4,53	+ 10,7
10	+ 0,71	+ 0,40	— 0,29	+ 136,9	61			+ 4,35	+ 12,1
11	+ 0,22	+ 0,12	+ 1,80	— 105,1	62	+ 0,09	+ 0,05	+ 3,84	+ 25,0
12	+ 0,49	+ 0,28	+ 3,83	— 47,6	63	+ 0,02	+ 0,01	+ 3,74	— 33,9
13	+ 0,86	+ 0,49	+ 4,88	— 15,7	64	+ 0,18	+ 0,10	+ 4,54	+ 4,5
14	+ 1,20	+ 0,68	+ 4,20	— 19,5	65	+ 1,01	+ 0,58	+ 3,36	+ 65,5
15	+ 0,60	+ 0,34	+ 4,10	+ 20,5	66	+ 0,66	+ 0,37	+ 3,69	+ 66,2
16	+ 0,90	+ 0,51	+ 3,58	+ 30,5	67	+ 1,14	+ 0,65	+ 2,75	+ 76,9
17	+ 0,67	+ 0,38	+ 2,97	+ 42,2	68	+ 0,75	+ 0,43	+ 2,54	+ 77,1
18	+ 0,73	+ 0,41	+ 2,97	+ 53,7	69	+ 1,08	+ 0,62	+ 1,80	+ 99,7
19	+ 0,51	+ 0,29	+ 1,90	+ 91,9	70	+ 0,82	+ 0,47	— 0,93	— 146,4
20	+ 0,62	+ 0,35	+ 2,90	+ 74,4	71	+ 0,21	+ 0,12	+ 0,01	— 133,4
21	+ 1,48	+ 0,84	+ 1,77	— 97,2	72	+ 0,87	+ 0,50	+ 0,28	— 132,4
22	+ 0,41	+ 0,23	+ 4,14	— 18,0	73	+ 1,04	+ 0,59	+ 3,04	+ 67,9
23	+ 0,40	+ 0,23	+ 4,15	+ 18,9	74	+ 0,21	+ 0,12	— 0,16	— 137,1
24	+ 0,49	+ 0,28	+ 4,06	+ 31,3	75	+ 1,50	+ 0,85	— 0,38	— 135,5
25	+ 0,16	+ 0,09	+ 3,36	+ 45,2	76	+ 0,09	+ 0,05	+ 0,56	— 123,1
26			+ 1,97	+ 97,9	77	+ 0,16	+ 0,09	+ 3,71	— 31,9
27			+ 1,91	+ 99,4	78	+ 0,44	+ 0,25	+ 2,17	+ 82,3
28			+ 1,36	+ 111,8	79	+ 0,91	+ 0,52	+ 0,11	+ 142,1
29			+ 1,32	+ 113,1	80	+ 0,31	+ 0,18	+ 1,65	— 98,5
30	+ 0,68	+ 0,39	+ 0,78	+ 125,8	81	+ 0,75	+ 0,43	+ 1,38	+ 97,7
31	+ 1,28	+ 0,73	+ 1,06	— 116,7	82	+ 0,72	+ 0,41	+ 1,29	+ 109,9
32	+ 0,83	+ 0,47	+ 3,11	— 72,4	83	+ 0,25	+ 0,14	+ 1,15	+ 110,4
33	+ 0,13	+ 0,07	+ 4,31	— 12,0	84			+ 0,87	+ 122,9
34			+ 4,62	+ 2,8	85			+ 0,81	+ 123,5
35			+ 4,58	+ 2,5	86	+ 1,16	+ 0,66	— 0,01	+ 136,4
36			+ 4,73	+ 2,4	87	+ 0,45	+ 0,26	— 0,16	+ 136,8
37	+ 0,71	+ 0,40	+ 2,26	+ 95,2	88	+ 0,47	+ 0,27	+ 3,27	+ 55,7
38			+ 2,74	— 70,2	89	+ 0,59	+ 0,34	+ 1,84	+ 104,1
39			+ 2,94	— 69,1	90	+ 1,23	+ 0,70	+ 0,46	— 121,7
40			+ 2,99	— 58,5	91	+ 1,67	+ 0,95	+ 2,73	— 79,1
41			+ 3,23	— 57,9	92	+ 0,51	+ 0,29	+ 1,99	— 100,5
42			+ 3,26	— 57,3	93	+ 0,85	+ 0,48	— 1,50	— 150,1
43			+ 3,18	— 56,2	94	+ 1,10	+ 0,63	+ 4,46	+ 2,3
44	+ 0,25	+ 0,14	+ 3,38	— 44,2	95			+ 1,52	— 104,1
45	+ 0,28	+ 0,16	+ 3,86	— 20,3	96			+ 1,54	— 103,4
46	+ 0,28	+ 0,16	+ 3,39	— 41,7	97	— 0,02	— 0,01	+ 2,52	— 77,3
47	+ 0,70	+ 0,40	+ 3,39	+ 58,1	98	+ 0,92	+ 0,53	— 0,22	— 140,2
48	+ 0,61	+ 0,35	+ 0,95	— 133,2	99	+ 0,67	+ 0,38	+ 4,24	+ 5,3
49	+ 0,14	+ 0,08	+ 2,07	— 98,4	100	+ 0,87	+ 0,50	+ 1,55	+ 111,7
50	+ 0,37	+ 0,21	+ 1,80	+ 92,2	101	+ 0,67	+ 0,38	— 1,06	+ 137,9
51	+ 0,66	+ 0,38	+ 3,07	+ 58,1	102	+ 0,95	+ 0,54	+ 0,43	+ 142,1

Les observations, pour lesquelles aucun nombre n'est donné dans les deuxième et troisième colonnes, sont, pour le plus grand nombre, réduites avec le coefficient primitivement adopté, très voisin de celui qu'on déterminerait pour cha-

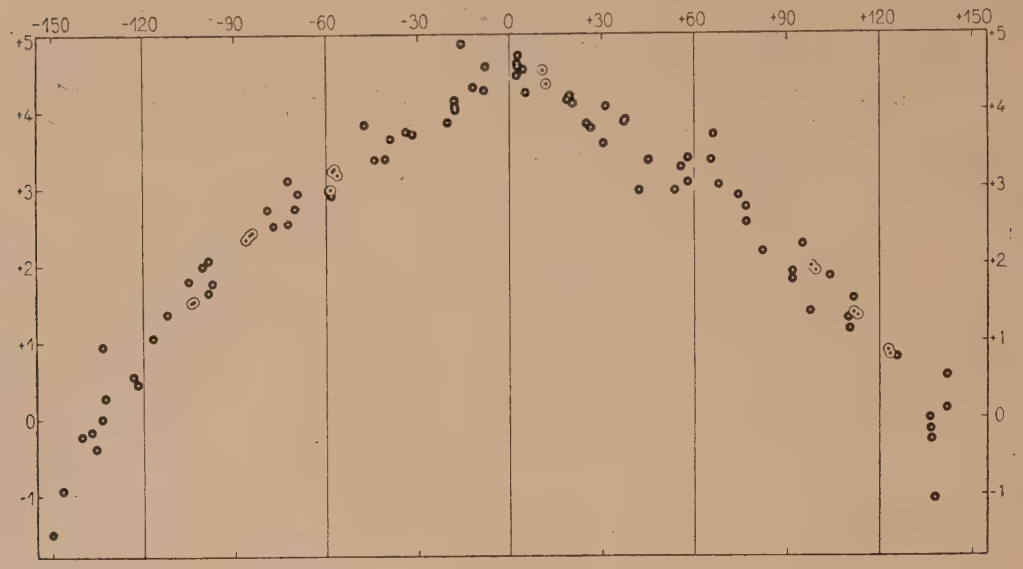


Fig. 6.

cune d'elles individuellement ; mais, comme le coefficient d'absorption n'est plus le même pour toutes les observations, l'éclat de la Polaire, qui a servi d'étalon, dépend du coefficient d'absorption. Pour que les observations soient toutes comparables entre elles, il faut faire subir aux nombres, qu'on trouve dans la onzième colonne du tableau de Wirtz, une correction c :

$$c = (0^m,36 - 0^m,23)\ 1,33 = +0^m,17$$

en adoptant pour le signe la même convention que Wirtz.

Le coefficient propre à la soirée du 25 septembre 1893 a pour valeur : $K = 0^m,31$. Je m'en suis servi pour calculer les magnitudes de la Lune qui ont subi en outre la correction :

$$c = (0^m,36 - 0^m,31)\ 1,33 = +0^m,07.$$

Sur la figure 6 les points, qui correspondent à des soirées comportant plusieurs observations, sont figurés par un point noir entouré d'un cercle quel que soit le coefficient d'absorption utilisé pour leur réduction. La pente, déterminée par ces points qui correspondent à des phases légèrement différentes, est, à quelques

exceptions près, presque égale à celle de la courbe moyenne obtenue comme il est indiqué ci-dessous ; on peut en conclure que les hypothèses faites sur l'absorption sont correctes.

Pour juger de l'amélioration réalisée, j'ai calculé les magnitudes normales, en répartissant les observations en groupes identiques à ceux de Wirtz et tracé la courbe qui passe au mieux parmi les points ainsi obtenus. Cette courbe m'a servi à déterminer les écarts O — C, à l'aide desquels j'ai calculé l'erreur moyenne d'une observation, pour laquelle je trouve :

$$\varepsilon = \pm 0^m,264$$

alors que Wirtz avait trouvé : $\varepsilon = \pm 0^m,309$ en considérant l'ensemble des observations.

En se limitant aux observations comprises entre le premier et le dernier quartier, Wirtz abaissait l'erreur moyenne à la valeur : $\varepsilon = \pm 0^m,239$ parce qu'il laissait ainsi de côté quelques observations de qualité très médiocre, relatives aux grands angles de phase.

On peut être *a priori* certain que, si l'on examine à part les soirées où plusieurs observations ont été effectuées et qui présentent par suite une plus grande sécurité pour les corrections d'absorption, l'erreur moyenne sera diminuée. En laissant de côté la soirée du 26 mars, dont une observation est suspecte (nº 66), il reste 20 soirées comportant au total 44 observations, pour lesquelles l'erreur moyenne tombe à :

$$\varepsilon = \pm 0^m,120.$$

Pour les 202 mesures de la Polaire, Wirtz a trouvé :

$$\varepsilon = \pm 0^m,113.$$

On peut conclure de la quasi-identité de ces deux erreurs moyennes que, pour les observations de ces vingt soirées, la méthode de réduction a presque éliminé les erreurs inhérentes à l'incertitude sur l'absorption.

Pendant son séjour à la Jamaïque en 1901, W. H. Pickering a fait une série de vingt-six mesures photométriques de la Lune (*Annals of Harvard College Observatory*, vol. LXI, part. I, p. 62 à 69). Son observatoire était installé à côté de Mandeville ($L = + 5^h10^m$, $\varphi = + 18°1'$, Altitude = 675 mètres) ; Pickering insiste sur l'avantage de cette station pour l'observation du croissant lunaire, en raison de sa faible latitude et de son altitude un peu élevée. Trois mesures

ont été effectuées lorsque la Lune était à moins de 60° du Soleil. Il indique que l'une d'elles a eu lieu lorsque cet angle était réduit à 36° seulement ; en réalité il était égal à 43°, Pickering ayant vraisemblablement pris dans les tables la longitude de la Lune, pour une époque antérieure de 12 heures à celle de son observation.

Les observations de Pickering, exécutées presque toujours dans la seconde partie de la nuit, sont intéressantes parce qu'elles se rapportent surtout à la Lune décroissante, alors qu'en général les observateurs, Wislicenus excepté, ont porté leurs efforts plutôt sur la Lune croissante.

Pickering a comparé la Lune avec une lampe au pentane, munie d'un écran bleu constitué par une solution ammoniacale de sulfate de cuivre diluée de manière à rendre la couleur de la flamme identique à celle de la Lune vue directement. Il a utilisé un photomètre à pénombre de construction très simple.

Sur un cadre en bois était tendu un écran de papier blanc, dont le plan pouvait s'orienter de manière à être perpendiculaire à la bissectrice des directions de la Lune et de la lampe étalon. Une bande de carton, de largeur telle que les deux ombres fussent au contact, était placée à l'avant du cadre. Pour effectuer des mesures correctes l'œil de l'observateur devait être placé dans le plan perpendiculaire à l'écran qui contenait la ligne de séparation des deux ombres. L'égalisation était obtenue en faisant varier la distance de la lampe.

Pickering a rattaché ses observations de la Lune à l'échelle d'Harvard, en comparant à quatre reprises son étalon avec Arcturus dont la couleur est sensiblement la même que celle de la Lune. Ces mesures étaient effectuées sans le secours du photomètre, en observant simplement l'étoile et la lampe à l'œil nu, l'observateur se déplaçant lui-même sur la colline voisine de l'observatoire pour obtenir l'égalisation.

Pickering s'est contenté de prendre la différence des longitudes du Soleil et de la Lune comme valeur de l'angle de phase. J'ai calculé l'angle de phase géocentrique donné dans le tableau VII.

Pour corriger ces observations de l'absorption, Pickering a admis $K = 0^m,20$, ce qui correspond à la transmission verticale $T = 0,83$. Comme les résidus des observations ne font pas apparaître d'écarts systématiques fonction de la distance zénithale de la Lune, j'ai admis les magnitudes de Pickering.

Le graphique correspondant est donné figure 7. L'observation du 28 mars est erronée. Pickering ne croit pas que l'écart soit dû à l'absorption atmosphérique. Comme la distance zénithale correspondante est seulement de 49°, il faudrait en effet admettre une valeur de K tellement élevée pour obtenir une correction suffisante qu'elle ne paraît guère possible. Cette même nuit, deux autres

séries de mesures ont été faites avec un écran formé d'une solution de dilution différente ; elles ont donné sensiblement la même distance. Aussi Pickering conclut-il à une erreur matérielle dont il lui est impossible de localiser la cause.

TABLEAU VII

Date		$m_{\mathbb{C}}$	θ_g	Date		$m_{\mathbb{C}}$	θ_g
1901 Mars	4...	— 12m25	+ 4°7	1901 Avril	9...	— 10m58	+ 69°6
	5...	— 12,20	+ 11,0		11...	— 9,61	+ 92,5
	6...	— 12,02	+ 20,7		12...	— 9,20	+ 104,8
	7...	— 11,64	+ 31,3		21...	— 7,44	— 136,7
	11...	— 10,28	+ 77,3	Juillet	1...	— 12,54	+ 5,6
	12...	— 9,99	+ 88,1		2...	— 12,23	+ 16,0
	15...	— 8,32	+ 124,3		22...	— 9,80	— 95,0
	23...	— 7,90	— 130,9		31...	— 12,17	— 13,6
	28...	— 9,95	— 65,8	Août	1...	— 11,84	+ 24,6
Avril	4...	— 12,74	+ 13,7		3...	— 11,02	+ 51,0
	5...	— 12,19	+ 23,3		29...	— 12,62	+ 6,3
	6...	— 11,87	+ 34,6		30...	— 12,23	+ 19,2
	7...	— 11,57	+ 47,3		31...	— 11,91	+ 32,5

L'observation du 4 avril est aussi en désaccord. L'étalon était certainement trop faible ; l'observateur s'est aperçu le lendemain matin que l'écran était recou-

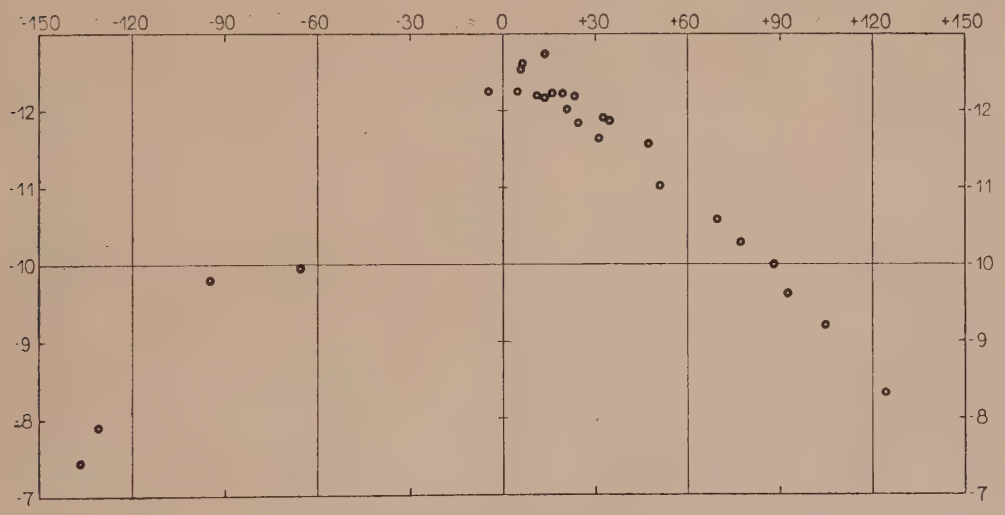


Fig. 7.

vert d'un précipité qu'il dut enlever. Dans une discussion d'ensemble ces deux observations doivent être écartées.

Dès le début de ses recherches de photométrie photographique, King a entrepris de déterminer la courbe de lumière de la Lune en fonction de la phase. Il a pris dans ce but 83 clichés en 1903 et 1904 (*Annals of the Harvard College Observatory*, vol. LIX, part. III, p. 63 à 94).

La plaque était impressionnée directement par la lumière de la Lune dans une chambre noire, munie d'un diaphragme circulaire de petite ouverture devant lequel il pouvait placer un écran absorbant. Le temps de pose était de 10 secondes ou 60 secondes suivant la phase. Les magnitudes photographiques de la Lune étaient déterminées au moyen de l'étoile Polaire, dont l'observateur photographiait sur le même cliché deux images extrafocales, obtenues avec deux tirages différents au télescope Draper de 11 pouces d'ouverture. Une échelle était photographiée ultérieurement au laboratoire sur les clichés pour les étalonner. Des expériences étendues ont été faites pour étudier l'influence de la température sur le noircissement et tenir compte dans la réduction des observations de la température à laquelle chaque cliché avait été impressionné.

Les angles de phase donnés dans la septième colonne du tableau II (*loc. cit.*, p. 66-68) sont géocentriques. Pour établir le graphique des observations de King je les emploierai donc tels quels.

Pour corriger de l'absorption les magnitudes photographiques de la Lune, King a utilisé les observations de la nuit du 3 novembre 1903, au cours de laquelle 12 clichés ont été obtenus pour des distances zénithales de la Lune variant entre 34° et 78°. En appliquant la méthode de Bouguer, King a trouvé $K = 0^m,54$ et il a utilisé ce coefficient pour réduire toutes les observations, quoiqu'il reconnaisse que dans certains cas il soit trop grand et dans d'autres trop petit. J'ai appliqué la méthode de Bouguer à la soirée du 4 novembre comportant 4 observations ; je trouve la valeur $K = 0^m,77$.

L'examen des magnitudes de la Polaire, qui sont données dans la sixième colonne du tableau VI (*loc. cit.*, p. 77-78), fait ressortir des variations d'une nuit à l'autre qu'il paraît naturel d'attribuer à l'absorption. J'ai donc recherché si les écarts de magnitudes de la Lune étaient fonction des magnitudes de la Polaire, pour déterminer une valeur de K propre à chaque soirée. Contrairement à mon attente, cette recherche n'a pas donné de résultats. Ou bien l'absorption dans la direction de la Polaire était le plus souvent différente de celle qui régnait dans la direction de la Lune, ce qui n'est pas une impossibilité, ou bien une cause d'erreur, inhérente à la méthode, agit pour donner des écarts tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre. Il est possible que les deux causes interviennent en même temps. En tous cas les écarts qui sont grands peuvent être considérés comme

accidentels. La soirée du 3 novembre a donné pour K une valeur qui est effectivement moyenne pour l'ensemble des observations.

La figure 8 est un graphique des observations de King. Les angles de phases sont géocentriques : ils sont tirés du mémoire de King, tableau II, colonne 7, p. 66-68. Les magnitudes sont tirées de la dernière colonne du tableau VI, p. 77-78. Nous avons figuré par des points les observations pour lesquelles King a utilisé une méthode de réduction un peu différente, soit parce que les clichés du début n'avaient pas reçu d'images extrafocales de la Polaire, soit parce que les

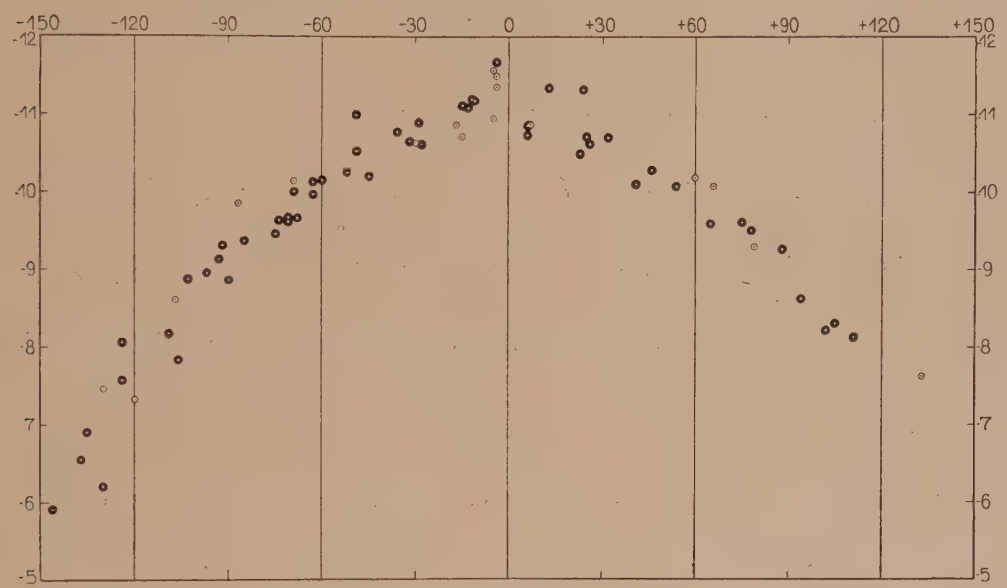


Fig. 8.

images de la Lune étaient de qualité médiocre. Les magnitudes correspondantes sont tirées de la dernière colonne du tableau XV, p. 90. Ces observations, que King considère comme moins précises, ne paraissent pas, dans l'ensemble, inférieures aux autres en qualité.

Quoique sujettes à des écarts importants, les observations de King sont intéressantes, parce qu'elles sont en nombre suffisamment grand pour montrer que, dans le spectre visible, l'amplitude de la variation d'éclairement donné par la Lune est indépendante de la longueur d'onde des radiations utilisées.

Une autre série de mesures photométriques par la photographie est due à Scheller qui a observé à Prague en 1906 et 1907 (*Sitzungsberichte der kaiserli chen Akademie der Wissenschaften*, Band CXX, Heft I, 1911, p. 889 à 921). Scheller

a pris ses clichés de manière à comparer la Lune à une lampe Hefner. Ils sont au nombre de quarante-deux ; pour la plupart des dates deux clichés ont été impressionnés à quelques minutes d'intervalle de sorte qu'ils ne peuvent servir à déterminer l'absorption.

Le 30 décembre 1906 quatre clichés, dont un obtenu à une distance zénithale plus grande, auraient permis de déterminer K. On trouve $K = 1^m,8$, valeur certainement beaucoup trop grande. En fait Scheller ne s'est pas servi de la première observation de cette soirée et le point porté sur son graphique correspond à la moyenne des trois autres observations.

Pour corriger ses observations de l'absorption, Scheller a adopté la table de réduction au zénith de Müller dont les valeurs ont été multipliées par le coefficient 2,1 donné par Wirtz (*A. N.*, 3.691, Bd. 154, p. 360), ce qui revient à adopter $K = 0^m,49$, absorption plus faible que celle adoptée par King.

Etant donné l'accord que présentent en général deux clichés pris à quelques instants d'intervalle, il n'est pas douteux que l'absorption soit responsable de la qualité médiocre des observations. Scheller, en parlant de la proximité de la Moldau, dit lui-même (*loc. cit.*, p. 915) qu'en raison des brouillards provenant de la rivière les observations photométriques faites dans une semblable station sont illusoires, mais que la méthode pourrait donner de bons résultats sous un climat plus favorable.

Si on examine le tableau I de Scheller (*loc. cit.*, p. 910 et 911), on constate que les corrections de réduction à la distance moyenne, données en logarithmes, sont toutes prises avec le même signe, comme si la Lune avait toujours été observée à une distance supérieure à la distance moyenne. Dans une série d'observations limitée à un intervalle de temps assez court, cette circonstance peut parfaitement se présenter et la répartition des dates permet de juger rapidement si elle est ou non possible. Dans le cas des observations de Scheller, cette circonstance est impossible et on trouve que le 4 mars et le 2 avril 1907 la distance de la Lune était inférieure à la distance moyenne. Du reste la formule :

$$\frac{L_0}{L} = \left[\frac{P_0 \cos (h + P)}{P}\right] \cdot R^2$$

qui figure dans son mémoire page 912 est inexacte. Le terme entre crochets qui correspond à la distance de la Lune, devrait être élevé au carré comme celui qui correspond à la distance du Soleil. Cette omission est vraisemblablement une faute d'impression. Quoi qu'il en soit, j'ai recalculé toutes les corrections pour réduire les distances topocentriques à la distance moyenne à l'aide des tables qui sont données plus loin dans le présent mémoire. Elles figurent dans la troi-

sième colonne du tableau VIII. La deuxième colonne contient les magnitudes brutes rapportées à la lampe Hefner ; la magnitude o correspond à une distance d'un mètre. Lorsqu'il y a plus d'un cliché la magnitude moyenne seule est donnée.

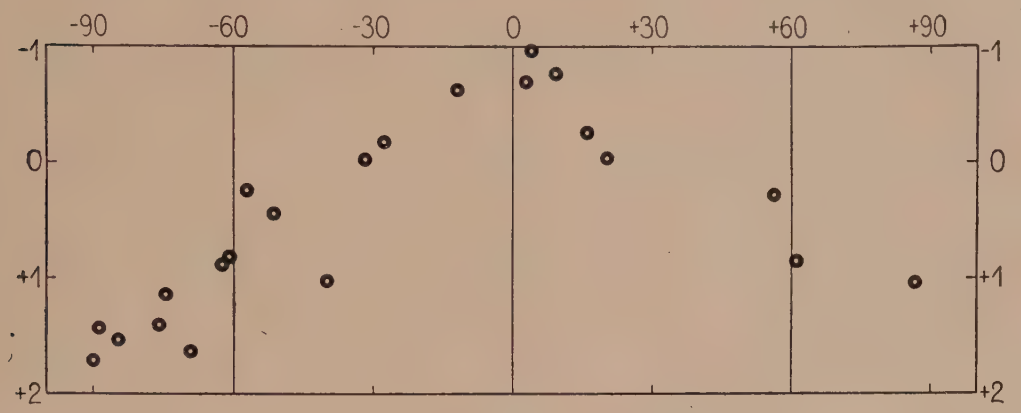


Fig. 9.

Les corrections d'absorption de la quatrième colonne sont calculées en admettant $K = 0^m,49$. Dans l'avant-dernière colonne se trouvent les magnitudes corrigées, et dans la dernière les phases géocentriques qui sont celles du mémoire de Scheller.

TABLEAU VIII

Date		m	d	a	$m_{\mathbb{C}}$	θ_g
1906 Novembre	1.....	— 0^m54	— 0^m06	— 0^m17	— 0^m77	+ 9°4
	2.....	+ 0,22	— 0,07	— 0,11	+ 0,04	+ 20,3
	8.....	+ 1,20	— 0,01	— 0,15	+ 1,04	+ 86,7
	24.....	+ 2,07	+ 0,02	— 0,42	+ 1,63	— 69,3
	25.....	+ 0,57	— 0,01	— 0,32	+ 0,24	— 57,2
Décembre	22.....	+ 1,81	+ 0,03	— 0,35	+ 1,43	— 88,9
	23.....	+ 1,77	0	— 0,37	+ 1,40	— 76,0
	27.....	+ 0,12	— 0,05	— 0,10	— 0,03	— 31,8
	30.....	— 0,12	— 0,05	— 0,20	— 0,37	+ 2,2
	30.....	— 0,60	— 0,04	— 0,06	— 0,70	+ 2,8
1907 Janvier	21.....	+ 1,84	— 0,02	— 0,31	+ 1,53	— 84,7
	22.....	+ 1,32	— 0,04	— 0,14	+ 1,14	— 74,7
	23.....	+ 1,08	— 0,05	— 0,15	+ 0,88	— 62,5
	24.....	+ 0,62	— 0,06	— 0,12	+ 0,44	— 51,4
	25.....	+ 1,22	— 0,06	— 0,14	+ 1,02	— 40,0
	29.....	— 0,84	— 0,01	— 0,12	— 0,97	+ 4,1
	30.....	— 0,12	0	— 0,14	— 0,26	+ 16,0
Février	22.....	+ 0,96	— 0,06	— 0,09	+ 0,81	— 61,1
	25.....	— 0,07	— 0,02	— 0,09	— 0,18	— 27,8
Mars	4.....	+ 1,35	+ 0,10	— 0,57	+ 0,85	+ 61,1
	28.....	— 0,47	+ 0,05	— 0,21	— 0,63	— 11,8
Avril	2.....	+ 1,07	+ 0,10	— 0,89	+ 0,28	+ 56,3
	20.....	+ 2,03	— 0,09	— 0,23	+ 1,71	— 90,0

La figure 9 représente le graphique des observations de Scheller. L'auteur admet que les observations de phase — 69° et — 40° sont erronées. On peut en dire autant de la plupart des observations faites en Lune décroissante, en particulier de celle qui est voisine du dernier quartier. C'est en se basant sur cette observation certainement mauvaise que Scheller a énoncé une hypothèse contraire au bon sens qui a été réfutée déjà par Russell (*Astrophysical Journal*, 44, 1916, p. 130).

Presque à la même époque Stebbins et Brown ont fait des mesures à l'aide d'un photomètre à cellule de sélénium, à Urbana (*Astrophysical Journal*, 26, 1907, p. 326 à 340). Plusieurs cellules ont été essayées et le travail est présenté par les auteurs comme provisoire.

Ces observations sont comme les précédentes entachées d'erreurs importantes dues à l'absorption. Les auteurs ont corrigé leurs observations en adoptant le coefficient $K = 0^m,23$ de Müller. Ils ont tenté de calculer à l'aide des observations effectuées à des distances zénithales différentes le coefficient moyen d'absorption. Ils ont trouvé :

$$K = 0^m,50 \pm 0^m,26,$$

c'est dire que leurs observations ne permettent pas de le déterminer. Ceci n'a rien de surprenant, étant donnée l'époque à laquelle ils ont observé. Les mois de juin et juillet constituent, en effet, la morte-saison pour ce genre d'observations. Dans le Midi de la France la Lune s'élève trop peu au-dessus de l'horizon pour que la méthode de Bouguer puisse être appliquée avec fruit ; la latitude d'Urbana n'est inférieure que de trois degrés à celle de Sanary où j'ai observé moi-même, ce qui ne change pas beaucoup les conditions de l'observation.

En parlant de la technique des mesures, les auteurs disent (p. 329) que le danger des nuages obligeait à mesurer d'abord la Lune. Bien qu'ils spécifient d'autre part (p. 331) qu'aucune observation n'a été effectuée au travers d'un nuage ou de la brume, il semble probable qu'une partie des mesures a été faite dans des éclaircies, ce qui, du point de vue de l'absorption, est bien souvent défavorable comme je le montrerai plus loin. (Voir chap. V.) Ils ajoutent que la courbe d'éclat n'est pas améliorée par l'emploi du coefficient qu'ils ont trouvé et que par suite ils adoptent le coefficient de Müller. Ce dernier semble, en effet, mieux correspondre à la sensibilité spectrale du sélénium.

A l'aide des éléments contenus dans le tableau III (*loc. cit.*, p. 334 et 335) le graphique de la figure 10 a été établi ; seules sont portées les mesures faites avec la cellule Giltay n° 93 qui a été le plus longtemps en service.

On remarque l'allure très dissymétrique de la courbe qui représenterait ces seules observations. Stebbins et Brown ont conclu que la Lune est notablement plus brillante du premier quartier à la pleine Lune, que de la pleine Lune au der-

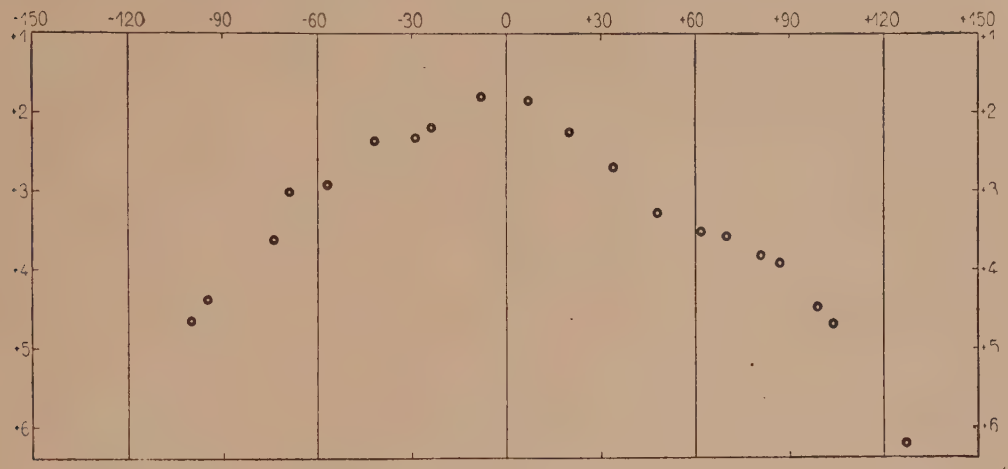


Fig. 10.

nier quartier. La répartition des parties sombres sur la Lune montre en effet un excès dans la moitié orientale sur la moitié occidentale. Toutefois la différence réelle est beaucoup plus faible que les observations de Stebbins et Brown ne le feraient croire. Les erreurs d'absorption sont en majeure partie cause de cette dissymétrie.

CHAPITRE II

MÉTHODE ET INSTRUMENTS

Une étude préliminaire avait été entreprise, au printemps de 1927, en vue d'exécuter avec une cellule photoélectrique des mesures de la Couronne solaire pendant l'éclipse totale de Soleil du 29 juin 1927. La mise au point n'avait pu être terminée suffisamment tôt pour donner suite au projet d'observation de l'éclipse ; mais cette étude avait conduit au choix d'une cellule photoélectrique sensible et stable, d'une lampe bigrille satisfaisante et d'une méthode d'amplification commode.

Quelques essais faits sur la Lune pendant l'automne de 1927 avec un premier instrument, qui est encore en service, avaient montré qu'il était possible de tirer un excellent parti de la méthode de mesure, à la condition de posséder un bon étalon lumineux et un banc photométrique.

Le matériel complet fut rassemblé au printemps de 1928 et, malgré la faible hauteur de la Lune au-dessus de l'horizon, quelques belles soirées de mai et de juin furent consacrées à des observations de photométrie globale de la Lune. Elles ont permis de fixer la technique adoptée pour les observations exécutées en août, septembre et octobre 1928, technique qui n'a subi dans la suite que des modifications de détail.

Assuré désormais de pouvoir employer avec fruit la méthode pour la photométrie globale de la Couronne solaire, je fis le projet d'observer cette dernière avec deux cellules de sensibilités spectrales différentes ; dans ce but un autre instrument, permettant de diriger deux cellules ensemble sur la Couronne, fut établi. Les observations, obtenues à l'aide de cet instrument pendant l'éclipse totale du 9 mai 1929, font l'objet d'une autre publication.

A mon retour d'Extrême-Orient, je désirais vivement profiter des vacances

pour exécuter des mesures dans une station plus favorisée que Strasbourg par le beau temps. Grâce à l'amabilité de M. Esclangon, je fis un séjour d'une semaine à Mison en Haute-Provence pendant le mois de septembre 1929. J'avais emporté l'instrument et les deux cellules qui avaient servi pendant l'éclipse : malheureusement la cellule au rubidium s'étant détériorée après mon retour à Strasbourg, les mesures ne furent possibles qu'avec la cellule au potassium.

Bien que les conditions météorologiques soient souvent défavorables dans le Midi de la France au voisinage de l'équinoxe, cinq belles nuits donnèrent d'excellents résultats. L'intérêt d'une semblable station, du point de vue purement photométrique, était donc très réel.

En 1930 le service de l'Observatoire ne m'a laissé que très peu de loisirs pour continuer les mesures photométriques de la Lune à Strasbourg. C'est pourquoi j'ai tenu à profiter d'un séjour fait au bord de la Méditerranée, pour me rendre compte si les conditions seraient favorables au point de vue de la transparence. Le premier instrument qui m'avait servi en 1928, fut transporté à Sanary où je fis des observations pendant la lunaison d'octobre.

Les résultats n'étant pas inférieurs à ceux obtenus l'année précédente en Haute-Provence, toute la partie la plus encombrante du matériel fut laissée à Sanary, pour pouvoir y continuer les observations aux époques les plus favorables. C'est ainsi que le travail fut continué dans cette localité pendant six lunaisons (avril, mai, août, septembre et décembre 1931, janvier 1932). Toutes les fois que les circonstances atmosphériques l'ont permis pendant les autres lunaisons, j'utilisais à Strasbourg le second instrument, mais avec une seule cellule.

La même cellule photoélectrique et la même lampe amplificatrice ont été utilisées pour toutes ces mesures ; elles ont été montées indifféremment dans les deux instruments qui seront décrits plus loin en détail.

Méthode d'observation. — Pour déterminer l'éclairement donné par la Lune à un instant déterminé, l'appareil, qui contient la cellule photoélectrique, est dirigé vers l'astre ; la lumière qui éclaire la couche sensible produit un courant dont l'intensité est trop faible pour pouvoir être mesurée directement sur un microampèremètre. Mais cet appareil commode et facilement transportable peut être utilisé si l'on adopte un dispositif amplificateur.

Etant donné la difficulté qu'on rencontrerait pour maintenir la constance des diverses sources d'électricité nécessaires, il serait vain de chercher à faire un étalonnage du dispositif de mesure valable pour une durée prolongée. Mais la constance est réalisée pratiquement, sans précautions trop minutieuses, pendant l'intervalle de temps relativement court que dure une mesure.

La cellule photoélectrique est ensuite exposée à l'éclairement donné par la lampe étalon, dont on fait varier progressivement la distance jusqu'à obtenir sur l'échelle du microampèremètre une déviation identique à celle qui a été provoquée précédemment par la Lune.

Pour éliminer facilement la lumière qui provient du fond du ciel et pour rendre les mesures plus rapides, on a substitué à l'étalon une lampe étalon secondaire fixée sur le second appareil ; la gradation de la lumière est obtenue alors par un coin photométrique interposé sur le faisceau. Dans ce cas l'étalon secondaire est comparé à l'étalon au début et à la fin de chaque séance d'observation, plus souvent même si la séance est prolongée.

Le choix de la lampe étalon présente une grande importance. J'ai utilisé une lampe pyrométrique, alimentée à résistance constante (Ribaud, *Revue d'Optique*, 5, 1926, p. 323), en adoptant une température de fonctionnement inférieure de plusieurs centaines de degrés à la température à laquelle le filament avait été porté au préalable en vue de son vieillissement.

Cellule photoélectrique. — La cellule photoélectrique utilisée pour toutes les mesures exécutées sur la Lune est une cellule au potassium en verre du type dit à *atmosphère gazeuse* (S. R. P. I. économique nº 4) représentée en vraie grandeur (fig. 11).

Cette cellule est munie d'une anode rectiligne axiale soudée, pour assurer

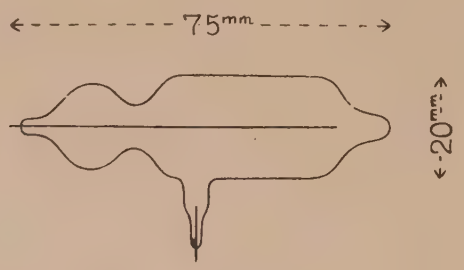


Fig. 11.

un bon isolement interne, dans un bulbe séparé par un étranglement du corps principal où est déposé le potassium. La surface sensible a une dimension telle qu'avec un diaphragme rectangulaire de 20 mm. × 35 mm. placé devant la cellule, elle est éclairée en totalité.

La courbe caractéristique de la cellule (fig. 12) a été obtenue avec un flux de 0,02 lumen, très supérieur aux flux utilisés pour les mesures photométriques de

la Lune dont l'ordre de grandeur est compris entre 10^{-6} et 10^{-7} lumen. Le potentiel explosif est légèrement supérieur à — 145 volts. La cellule pourrait être utilisée avec un potentiel accélérateur de — 140 volts. En fait, pour obtenir des mesures satisfaisantes avec les croissants les plus fins, il n'est pas nécessaire de dépasser — 135 volts, en utilisant un diaphragme de 15 mm. × 20 mm. devant la cellule.

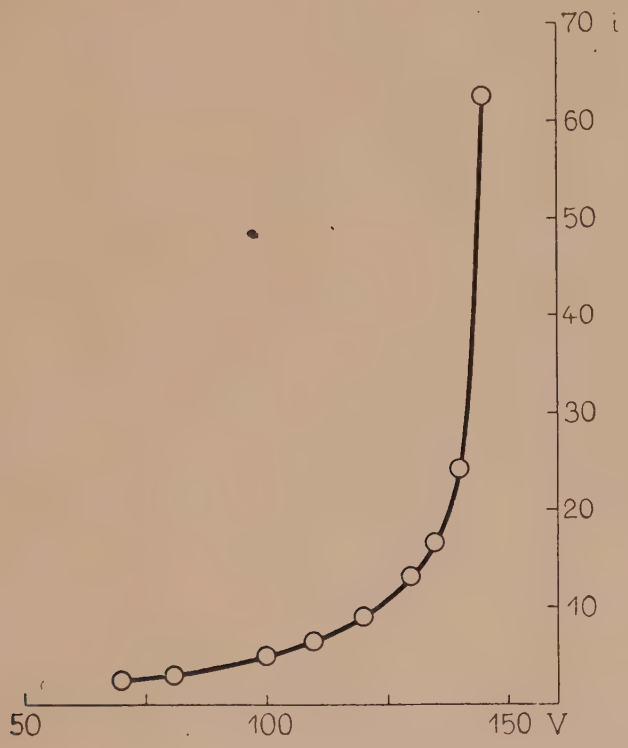


Fig. 12.

La courbe de sensibilité énergétique de la cellule en fonction de la longueur d'onde (fig. 13) a été déterminée avec une tension de — 100 volts appliquée aux électrodes de la cellule, par M^lle^ Schwegler, au laboratoire de physique de la Faculté des Sciences de Lyon. Les ordonnées de la courbe sont en unités énergétiques arbitraires.

Le maximum de sensibilité correspond très sensiblement à 440 mμ. Le tracé de la courbe n'est pas poursuivi au delà de 390 mμ, parce qu'il n'est pas possible de mesurer avec sécurité la sensibilité aux longueurs d'onde plus courtes.

La sensibilité devient pratiquement nulle vers 580 mμ. En mesurant l'aire de la courbe au planimètre, on trouve que les radiations dont les longueurs d'onde sont

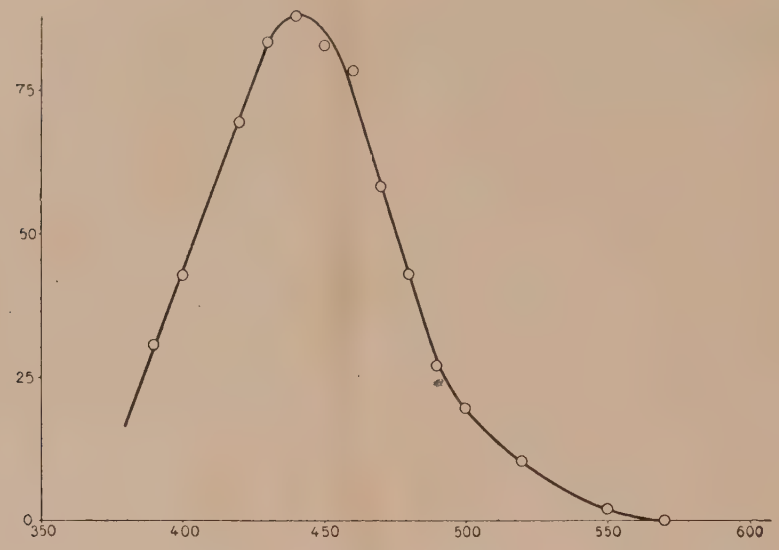


Fig. 13.

supérieures à 500 mμ n'interviennent que pour 6 p. 100 de l'effet total (limité à 390 mμ vers les courtes longueurs d'onde).

$$\frac{\int_{500\ m\mu}^{580\ m\mu} S(\lambda)\, d\lambda}{\int_{390\ m\mu}^{580\ m\mu} S(\lambda)\, d\lambda} = 0{,}06.$$

Lampe amplificatrice. — La lampe amplificatrice est une bigrille à corne du modèle de la Télégraphie militaire. L'observatoire de Strasbourg doit à l'obligeance de M. le Général Ferrié quelques exemplaires de ces lampes, spécialement choisies par M. Jouaust. La lampe n° 1, adoptée dès le début, a servi pour toutes les mesures de photométrie lunaire globale. L'intensité du courant de chauffage n'étant jamais poussée au delà de 0,35 ampère et le filament étant prévu pour un courant normal de 0,7 ampère, seul un accident est susceptible de mettre fin à la vie de cette lampe.

La lampe est utilisée avec un montage à pont (fig. 14 et 17). Pour étudier les conditions de son fonctionnement, il est avantageux de déterminer sa caracté-

ristique en connectant la corne, reliée à la grille extérieure G de la lampe, avec un rhéostat potentiométrique. On fait varier V_G à volonté en lisant chaque fois la déviation du microampèremètre, connecté entre la grille intérieure G′ et la plaque P (fig. 14). Les résistances du pont $R_{g'}$ et R_p ont été réglées au préalable de manière à avoir une déviation nulle pour $V_G = 0$.

La caractéristique (fig. 15) a été déterminée avec une intensité du courant de

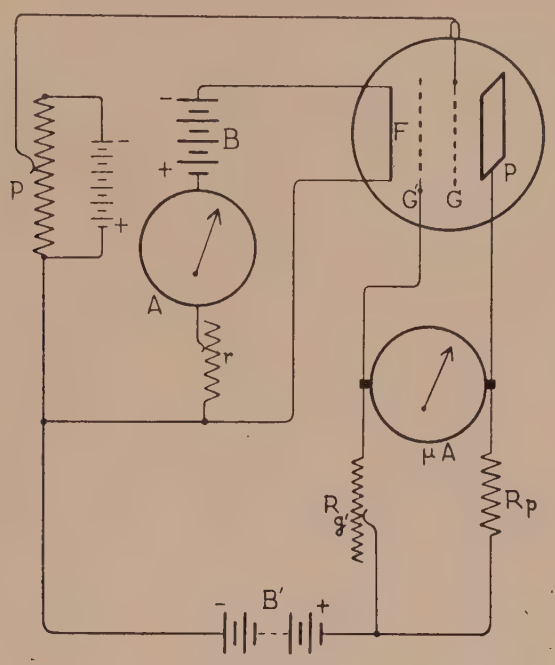


Fig. 14.

chauffage égale à 0,34 ampère, en portant la grille et la plaque à un potentiel commun de + 16 volts.

Le point d'inflexion est atteint pour $V_G = -4$ volts, et la région de grande sensibilité s'étend jusqu'à $V_G = -6$ volts. Pour $V_G = 15$ volts en valeur absolue, le courant de plaque est annulé et les variations du potentiel ne changent plus l'intensité du courant.

En modifiant l'intensité du courant de chauffage et la tension plaque, on obtient toute une famille de courbes partant de l'origine et présentant la particularité suivante : la partie intéressante de la caractéristique ne s'étend pas au delà de $V_G = -6$ volts.

Si on emploie d'autres lampes du même modèle, la partie horizontale de la

caractéristique est atteinte pour un potentiel différent d'une lampe à l'autre. Mais, pour la même lampe, ce potentiel est le même pour toutes les caractéris-

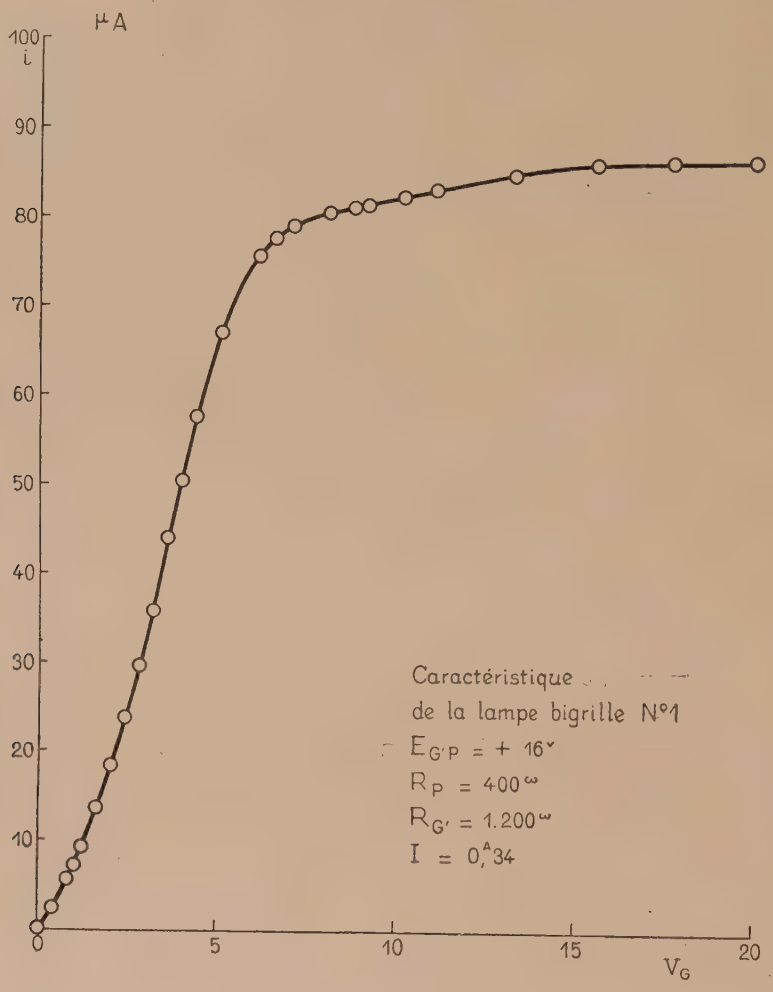


Fig. 15.

tiques ; l'ordonnée de la partie horizontale augmente naturellement avec l'intensité du courant de chauffage et la tension appliquée.

Instruments. — Le premier instrument construit en bois comprend une boîte amovible fixée à l'extrémité d'un tube monté sur un pied azimutal.

La boîte en bois, étanche à la lumière, est partagée en deux compartiments

dont le premier, muni d'une fenêtre, contient la cellule photoélectrique, fixée sur un support réglable. La lampe amplificatrice est montée dans le second compartiment. Une connexion, soigneusement isolée, traverse la paroi qui sépare les deux compartiments, pour relier directement l'anode de la cellule à la grille extérieure de la lampe amplificatrice, seule électrode de la lampe dont la prise extérieure soit à corne.

La cathode de la cellule et les autres électrodes de la lampe amplificatrice sont réunies dans la boîte à des bornes isolées qui permettent de connecter extérieurement l'appareil, suivant le schéma donné plus loin (fig. 17).

La fenêtre d'entrée est pourvue d'une glace transparente et dans le compartiment qui contient la cellule est vissé un tube de laiton amovible contenant un petit tube de verre dans lequel on place de l'anhydride phosphorique. Comme la cellule est en verre, il est indispensable d'éliminer l'humidité pour avoir un isolement suffisant ; la substance desséchante se change facilement en quelques instants, lorsqu'on possède plusieurs tubes de verre interchangeables. La résistance de sécurité de 5 Ω, interposée sur le circuit de la cathode, est fixée également à l'intérieur du compartiment de la cellule. Les parois de la boîte sont recouvertes de papier d'étain pour éviter tout phénomène d'influence électrique, car l'ensemble cellule-lampe amplificatrice constitue un électromètre.

Le côté, muni d'une fenêtre, est pourvu d'une glissière qui permet de fixer la boîte à l'extrémité postérieure du tube. Ce dernier, de section carrée, est long d'un mètre. Un verrou immobilise la boîte sur le tube pour éviter tout accident.

Plusieurs diaphragmes circulaires de différents diamètres peuvent être fixés à l'extrémité antérieure du tube. Les diamètres de ces ouvertures ont été choisis de manière à limiter des champs de diamètre angulaire 1°, 2°, 3° et 4° vus du plan de la fenêtre d'entrée. Dans le tube sont placés plusieurs diaphragmes, pour éliminer toute lumière parasite provenant des réflexions sur les parois intérieures du tube qui sont noircies avec une peinture mate.

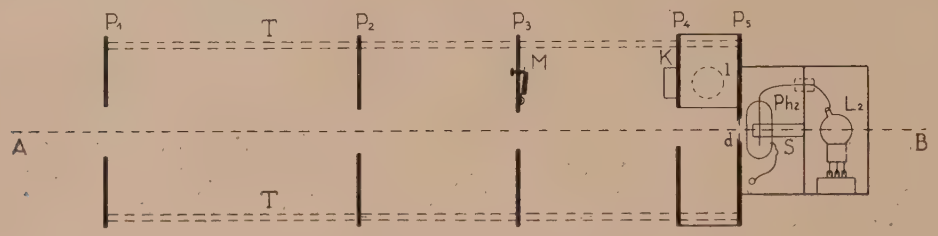
Le tube est monté sur une fourche fixée sur un pied azimutal à trois branches. La mise en station se fait ainsi en quelques instants n'importe où et, grâce à sa légèreté, l'appareil peut être facilement déplacé au cours d'une séance d'observation si des obstacles trop proches y contraignent l'observateur.

Le viseur qui sert à pointer l'instrument, se trouve sur un côté du tube. Il est constitué par un petit trou, placé dans le plan de la fenêtre d'entrée et par un diaphragme annulaire, fixé à l'extrémité supérieure du tube. Le diamètre angulaire de ce diaphragme, vu du trou, est légèrement supérieur au diamètre de la Lune pour permettre de centrer facilement l'astre. Le support du diaphragme

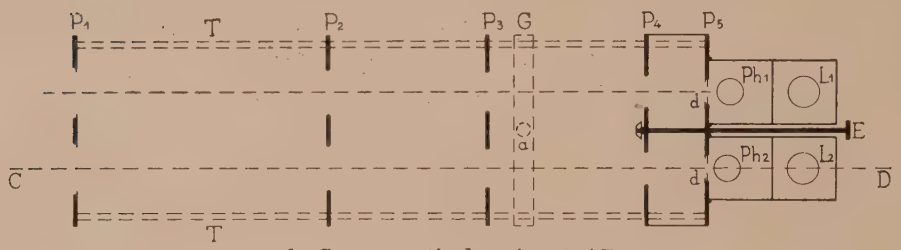
est articulé, pour qu'on puisse rendre l'axe du viseur exactement parallèle à celui du tube. Un bouton moleté assure le serrage dans la position correcte.

Un rapporteur fixé sur l'un des côtés du tube permet de lire les distances zénithales au moyen d'un fil à plomb.

La boîte, retirée de sa glissière, peut se transporter sur le banc photométrique disposé dans un local voisin obscur, où sont installés tous les appareils électriques auxquels les bornes fixées sur la boîte sont reliées par des fils souples longs d'une dizaine de mètres.



a. Coupe horizontale suivant CD.



b. Coupe verticale suivant AB.

Fig. 16.

Un appareil entièrement métallique a été substitué au précédent en vue des mesures à exécuter sur la Couronne solaire pendant l'éclipse du 9 mai 1929 avec deux cellules différentes.

Deux plaques carrées P_1 et P_5, en aluminium de 30 centimètres de côté (fig. 16), sont assemblées par quatre tiges en fer T longues d'un mètre. Deux plaques intermédiaires P_2 et P_3, de même dimension, peuvent coulisser sur les tiges entre les plaques terminales. Des colliers de serrage permettent de les immobiliser à la place convenable. Les tiges portent également deux montants G sur lesquels sont fixés les axes *a* qui reposent sur la fourche du pied azimutal. Ces montants peuvent coulisser de manière à permettre l'équilibrage de l'instrument autour de l'axe de rotation.

La plaque terminale avant P_1 porte les diaphragmes interchangeables qui limitent le champ de l'instrument. Sur la plaque terminale arrière P_5 se trouvent les glissières destinées à recevoir deux boîtes identiques en aluminium, contenant chacune sa cellule et sa lampe amplificatrice.

Dans les plaques intermédiaires sont évidés, suivant l'axe de chaque cellule, les diaphragmes qui doivent éliminer toute lumière parasite et, sur l'un des côtés, des ouvertures qui permettent de diriger l'instrument vers l'astre. Le dispositif de visée est semblable à celui décrit plus haut ; pour la commodité de l'observateur un prisme à réflexion totale précède le petit diaphragme oculaire.

La lampe étalon secondaire à incandescence *dans le vide l* (12 volts, 2,5 ampères), dont la constance n'a besoin d'être assurée que pendant l'intervalle de temps qui sépare les étalonnages et dont le régime peut être modifié, s'il en est besoin, d'une séance d'observations à l'autre, est placée sur le côté entre les deux dernières plaques P_4 et P_5 de l'appareil. Le coin K qui permet de graduer la lumière est fixé devant la lampe sur l'avant-dernière plaque. Un miroir M réglable, monté sur le côté de la plaque médiane P_3, renvoie le faisceau sur les deux cellules. Le bouton moleté E, qui commande le mouvement du coin à l'aide d'un pignon d'angle, et la manette, qui permet de masquer ou de démasquer à volonté le faisceau, se trouvent en arrière des boîtes contenant les cellules et les lampes, à portée immédiate de l'observateur.

Deux bancs d'optique, le long desquels sont fixées des règles métalliques divisées en millimètres, occupent toute la longueur de l'appareil. Leur largeur est juste suffisante pour recevoir la lampe étalon. De la sorte l'observateur n'est pas obligé de retirer les boîtes de l'instrument, ce qui facilite l'étalonnage et abrège sa durée.

La lampe, le coin et le miroir ont été montés sur le côté, de manière à ce qu'aucun organe ne soit interposé sur le faisceau qui vient de l'astre. On peut ainsi éliminer le fond du ciel qui influence la cellule, aussi bien pendant la comparaison avec la lampe que pendant le pointé sur l'astre.

Cette disposition permet, à condition d'opérer rapidement, d'effectuer des mesures avant la fin du crépuscule le soir ou après son début le matin, ce qui est avantageux pour observer le croissant, lorsque la Lune est peu éloignée du Soleil.

Circuit de mesure. — L'anode de la cellule C est connectée avec la grille extérieure G de lampe bigrille (fig. 17), la cathode étant comme de coutume reliée au pôle négatif de la batterie qui fournit le potentiel accélérateur par l'intermédiaire d'une résistance de sécurité de 5 Ω. La grille intérieure G′ et la plaque P de la lampe amplificatrice sont connectées aux bornes d'un microampèremètre et

au pôle positif d'une même batterie, par l'intermédiaire de deux résistances $R_{g'}$ et R_p. On peut faire varier celles-ci à volonté de manière à ramener facilement l'appareil de mesure au zéro lorsque la cellule est dans l'obscurité quelles que soient les conditions de fonctionnement de la lampe bigrille. C'est le dispositif à pont préconisé par Lazerges.

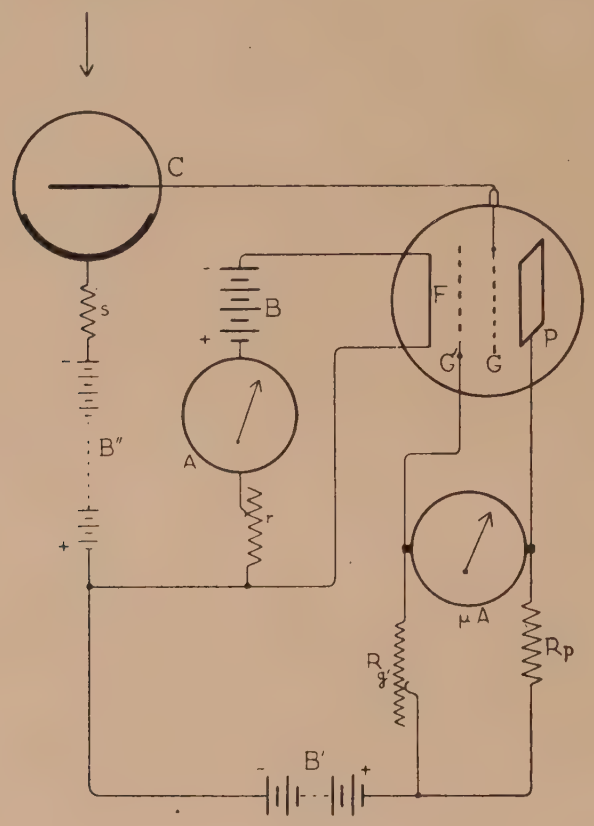


Fig. 17.

La sensibilité de la méthode provient du fait que le courant électronique i_g qui circule dans l'intervalle F-G, devient *pratiquement nul* dès que le potentiel V de la grille extérieure devient négatif. Cette condition est déjà réalisée lorsque la cellule est dans l'obscurité, pour toutes les valeurs utilisables du courant de chauffage.

Pour un courant de chauffage déterminé et une valeur donnée du potentiel accélérateur, l'appareil de mesure ayant été au préalable ramené à o lorsque la cellule est dans l'obscurité (Condition à remplir $R_{g'} \cdot i_{g'_0} = R_p \cdot i_{p_0}$), la différence de

potentiel aux bornes de l'appareil de mesure dépend du flux lumineux qui est admis dans la cellule photoélectrique. En effet, dès que la cellule est illuminée, il s'établit un état de régime dans le circuit formé par la cellule et l'intervalle FG, et le potentiel négatif auquel est portée la grille extérieure par l'afflux d'électrons provenant de l'anode prend une valeur bien déterminée. La suppression du flux lumineux entraîne le retour immédiat au zéro de l'aiguille du milliampèremètre.

La courbe caractéristique, donnée plus haut (fig. 15), montre que la sensibilité la plus grande est obtenue lorsque la grille G est portée à un potentiel intermédiaire entre — 3 volts et — 6 volts. On choisit donc des conditions de fonctionnement telles qu'avec l'éclairement à mesurer cette condition soit remplie.

Si en éclairant la cellule l'aiguille du microampèremètre ne dévie pas, on se trouve en dessous du seuil ; il faut augmenter la surface du diaphragme d'entrée ou le potentiel accélérateur ou diminuer le courant de chauffage.

Si l'aiguille atteint au contraire de suite le maximum de déviation compatible avec la caractéristique adoptée et y reste plus ou moins longtemps après suppression de l'éclairement, c'est que la grille est chargée à un potentiel d'autant plus grand en valeur absolue que le retour de l'aiguille à zéro se fait attendre plus longtemps. Dans ce cas il faut agir en sens inverse sur un ou plusieurs des trois éléments indiqués.

Les conditions de fonctionnement étant choisies, les mesures ne sont possibles que dans un intervalle d'éclairement relativement restreint, variant dans le rapport 1 à 3 environ, ce qui est suffisant en général au cours d'une séance d'observations.

Mais on peut étendre beaucoup cet intervalle, car on dispose de quatre paramètres pour modifier les conditions de fonctionnement : *a*) potentiel commun de plaque et de grille intérieure, *b*) intensité du courant de chauffage, *c*) potentiel accélérateur appliqué sur la cathode de la cellule, *d*) surface libre du diaphragme placé sur la fenêtre qui précède la cellule.

En fait j'ai toujours utilisé un potentiel de + 15 volts sur la plaque et la grille intérieure. En agissant sur les trois autres paramètres, les mesures peuvent porter sur des éclairements variant dans le rapport de 1 à 250, ce qui est suffisant pour la photométrie de la Lune. Les mesures ne peuvent en effet s'étendre que difficilement au delà d'un angle de phase de 150° de part et d'autre de la pleine Lune.

A titre d'indication voici les conditions de fonctionnement convenables pour la cellule et la lampe bigrille employées ici.

Eclairement de l'ordre de :	1/10e de lux	1/100e de lux
Intensité du courant de chauffage :	0A,35	0A,31
Potentiel accélérateur :	— 56V	— 135V
Surface diaphragme :	1 cm²	3 cm²

On peut impunément changer l'un de ces éléments pendant la séance d'observations lorsque cela devient nécessaire ; il n'en résulte pas d'erreurs systématiques. Le potentiel accélérateur fut bien souvent augmenté ou diminué de quelques volts lorsque, la distance zénithale de la Lune variant, les mesures se déplaçaient sur la caractéristique vers les régions de sensibilité moindre, sans que les points, qui servent à déterminer la droite de Bouguer, manifestent un décalage concomitant. Il est certain qu'il vaut mieux changer plus souvent le potentiel accélérateur ou même changer de caractéristique en faisant varier le courant de chauffage sans attendre trop longtemps. On s'exposerait sans cela à faire des mesures sans précision, surtout si l'on travaille vers le haut de la caractéristique. Il est donc essentiel de déterminer, avant de commencer les mesures, la déviation à partir de laquelle le rapprochement de la lampe ne produit plus d'effet sensible et de se tenir ensuite suffisamment au-dessous de cette déviation.

Sources d'électricité. — Pour assurer la constance du courant de chauffage, il faut employer une batterie de forte capacité : 8 volts 20 *A*H. (Accumulateurs au plomb à l'Observatoire ; accumulateurs au fer-cadmium à Sanary). Le régime de décharge de ces derniers est moins constant que celui des accumulateurs au plomb ; la courbe de décharge présente néanmoins une partie presque horizontale assez favorable, lorsque ces accumulateurs se déchargent sous un régime beaucoup plus faible que le régime normal. Ils présentent le très grand avantage de conserver leur charge en circuit ouvert. Si l'on a pris la précaution de bien les recharger à la fin de la période d'observations, on peut se mettre au travail sans être obligé de les recharger dès qu'on installe à nouveau ses appareils.

Une batterie de faible capacité (3 *A*H) suffit pour alimenter le courant plaque.

Deux boîtes de piles à prises multiples, du genre de celles qu'on utilise en T. S. F., conviennent très bien pour le potentiel accélérateur, car le circuit de la cellule débite extrêmement peu. Leur différence de potentiel varie un peu avec la température, mais la durée d'une mesure est trop brève pour que la température puisse changer dans cet intervalle.

Lampes étalons. — La lampe étalon est une lampe pyrométrique alimentée à résistance constante. Le pont de Wheatstone, dans l'une des branches duquel

la lampe est connectée, a été établi en 1927 et les résistances des branches du pont n'ont jamais été modifiées depuis. Cette lampe, dénommée L_1, est restée notre étalon fondamental auquel sont rapportées les magnitudes conclues de la Lune.

La température de fonctionnement (1530° centigrades) a été choisie, au moment où le pont fut établi, de manière à assurer une durée de fonctionnement de 500 heures au moins.

Un rhéostat à curseur très progressif permet de régler la lampe toujours au même régime, en amenant à zéro l'aiguille du galvanoscope fixé sur la boîte du pont. Une division du galvanoscope correspond à 1°,5 Cent. de différence de température du filament.

La variation de brillance B du tungstène à la température de 1800° K (G. Ribaud, *Traité de pyrométrie Optique*. Tableau 67, p. 449) est égale à :

$$\frac{dB}{B} = 14 \frac{dT}{T}$$

On a donc pour une division :

$$\frac{dB}{B} = 14 \frac{1,5}{1800} = \frac{1,2}{100}$$

et comme on peut effectuer le réglage à 1 /10e de division près et même mieux l'intensité lumineuse de la lampe étalon est définie avec une erreur relative au plus égale à $\frac{1,2}{1000}$.

Il faut naturellement veiller avec un soin minutieux à la propreté et au serrage des bornes qui assurent les connexions de la lampe sur le pont dont toutes les autres connexions sont soudées, faute de quoi on s'exposerait à des erreurs importantes.

Comme la variation de la distance ne permettait pas d'obtenir avec commodité une gradation suffisante de l'éclairement, et dans le but aussi de ménager l'étalon, d'autres lampes pyrométriques, alimentées d'après le même principe, ont été utilisées. Ces lampes étaient comparées à l'étalon fondamental.

En septembre 1929, deux lampes L'_1 et L_2 ont été employées. La lampe L'_1 a été brisée par accident après trois jours de service. La lampe L_2 fonctionnait sous un régime plus faible pour les mesures du croissant de la Lune.

Cette même lampe L_2 a servi dans la suite, mais les résistances du pont ont été modifiées à deux reprises pour affaiblir encore son régime, l'occasion s'étant présentée de mesurer des croissants de plus en plus fins.

Pour les mesures des phases voisines de la pleine Lune, une lampe L_3 fut mise en service en 1931. Les résistances du pont correspondantes ont été choisies de telle sorte que cette lampe fût environ quatre fois plus brillante que l'étalon L_1.

Pour une même phase de la Lune, les distances à mesurer sont doubles et restent toujours supérieures à 50 centimètres au voisinage de la pleine Lune. A une distance plus proche une lecture faite au demi-millimètre près peut entraîner une erreur relative trop grande.

La précision des mesures photométriques de la Lune repose sur l'invariabilité de la lampe L_1 choisie comme étalon primaire. Au début de 1929, avant le départ de la mission de l'Observatoire de Strasbourg pour Poulo Condore, cette lampe a été étalonnée au Laboratoire Central d'Electricité à Paris avec un photomètre à contraste. Son intensité lumineuse, mesurée dans une direction normale au plan du filament, avait pour valeur 0,129 bougie décimale.

Un nouvel étalonnage a été fait par le même laboratoire le 17 mars 1933 ; l'intensité lumineuse a été trouvée égale à 0,130 bougie décimale. On peut donc légitimement considérer le rayonnement de la lampe L_1 comme constant, pendant l'intervalle de temps qui a séparé ces deux étalonnages.

Au début, la température du filament avait été choisie de manière à pouvoir garantir une durée de fonctionnement de 500 heures au moins sans variation du rayonnement de la lampe. Depuis sa mise en service cette lampe a fonctionné pendant 486 heures.

CHAPITRE III

TECHNIQUE DES OBSERVATIONS

Dès les premiers essais, je m'étais rendu compte qu'il était vain d'étalonner l'instrument et que les mesures devaient être conduites de manière à substituer immédiatement la lampe de comparaison à l'astre.

Malgré les précautions prises pour assurer la constance des divers potentiels qui interviennent dans le dispositif d'amplification, il est plus difficile d'obtenir la stabilité de l'amplification dans un observatoire que dans un laboratoire où il est toujours possible d'éviter la condensation de l'humidité. D'autre part, la sensibilité de la cellule peut varier ; j'avais choisi une cellule stable au moment où j'ai commencé ces observations, mais je n'étais pas assuré de la permanence de cette qualité. En fait, à l'usage, la cellule a gagné en sensibilité tout en devenant moins stable qu'au début.

J'appelle mesure complète, l'ensemble du groupe de pointés effectués sur la Lune et des mesures de distance de l'étalon lumineux qui ont lieu immédiatement après. Si pour une raison quelconque la mesure est interrompue en cours d'exécution elle n'est pas retenue et dès que l'instrument est à nouveau en état de fonctionner une mesure nouvelle est commencée.

Au début je m'étais astreint à faire dix pointés sur la Lune, puis, lorsque la distance de l'étalon lumineux était modifiée, de manière à obtenir sur le microampèremètre des déviations encadrant celles données précédemment par l'astre, à exécuter plusieurs mesures.

Dans ces conditions, il n'est pas possible de faire plus de trois mesures à l'heure, en travaillant sans assistant.

Deux observations de la soirée du 4 septembre 1928, très pure à Strasbourg, sont données à titre d'exemple dans le tableau IX.

TABLEAU IX

1928 Septembre 4.

N° 2					N° 5				
11^h21^m	36,0	60°,8			12^h39^m	55,0	49°,0		
	36,0					54,5			
	36,0					54,2		54,0	760mm,5
	35,8		36,0	855mm		54,1		55,0	755
	36,0					54,2			
	35,7					54,6			
	36,1			855mm		54,3			758mm,5
	36,1					54,2			
	36,1			± 1,2 °/oo		54,1			± 3,3 °/oo
	36,0				12^h46^m	54,3	48°,1		
11^h28^m	36,2	59°,5				54,35			
	36,00								

Au moment du premier et du dernier pointé, on a noté l'heure à la minute près en temps moyen astronomique de Greenwich, en vue du calcul ultérieur de l'angle de phase, et la distance zénithale lue sur le rapporteur fixé sur l'instrument au dixième de degré près, pour le calcul des masses d'air. En dessous des distances correspondantes aux déviations lues sur le microampèremètre est donnée la distance conclue par interpolation au demi-millimètre près.

Pour chaque mesure l'erreur moyenne est donnée en éclairement ; l'erreur moyenne de lecture est convertie en erreur moyenne de distance ΔD, et la quantité

$$\frac{\Delta E}{E} = \frac{2\Delta D}{D}$$

figure au-dessous de la distance conclue.

J'appelle ici erreur moyenne, la moyenne des valeurs absolues des écarts, tandis que j'ai calculé plus haut (page 17) les erreurs quadratiques moyennes pour avoir des valeurs comparables à celles de Wirtz.

Comme la Lune devait s'élever au-dessus de l'horizon, les conditions de fonctionnement ont été choisies de manière à obtenir des déviations peu élevées au début et le potentiel accélérateur appliqué sur la cathode est resté le même pendant toute la soirée. Les observations ont commencé vers 65°, limite supérieure d'abord adoptée pour la distance zénithale.

Mais pour suivre les variations possibles de la transparence il était indispensable d'augmenter la fréquence des mesures. Etant donné l'accord des divers pointés entre eux lorsque les circonstances atmosphériques sont favorables, le nombre des pointés sur la Lune pouvait, sans inconvénient pour la précision, être

réduit à cinq. Sans nuire non plus à la précision une mesure de distance pour chaque déviation était suffisante : une seconde mesure était exécutée seulement dans le cas où, une erreur étant à redouter, une vérification s'imposait.

Enfin, j'ai trouvé, en la personne de Mme Rougier, une assistante bénévole qui s'est chargée de noter l'heure et d'exécuter toutes les lectures à faire sur le microampèremètre, pendant que je m'occupais moi-même de toutes les autres opérations nécessaires. Comme l'instrument se trouvait à une dizaine de mètres du microampèremètre, grâce à son concours j'ai économisé beaucoup de temps perdu auparavant en allées et venues.

Six observations de la soirée du 28 mai 1931, choisie au hasard parmi les belles nuits, sont rassemblées dans le tableau X.

TABLEAU X

1931 Mai 28.

N° 7				N° 18				
	70,0	57°,6			44,0	66°,6		
	70,0		70,0	501mm	43,2		43,1	561mm
9h41m	70,0				11h42m 43,5		44,0	559
	69,9				43,5			
	69,8	57°,7	501mm		43,1	66°,8	560mm,5	
	69,94		± 0,2 °/oo		43,5		± 1,7 °/oo	
N° 8				N° 19				
	70,9	57°,8			37,2	67°,9		
	70,0		70,0	502mm	37,1		37,0	577mm
9h49m	70,9		70,9	501	11h52m 36,9			
	70,9				36,9			
	70,1	57°,9	501mm,5		36,9	68°,7	577mm	
	70,6		± 1,8 °/oo		37,0		± 0,8 °/oo	
N° 9				N° 20				
	69,1	59°,3			33,5	68°,8		
	69,5		69,0	510mm	33,0		33,0	589mm
10h20m	69,0				11h59m 33,1		33,5	587
	69,0				33,0			
	69,0	59°,5	510mm		33,5	69°,1	588mm	
	69,1		± 0,6 °/oo		33,2		± 1,0 °/oo	

Les observations peuvent se succéder de six en six minutes, lorsqu'il n'est pas nécessaire de les interrompre. En fait, par précaution, on vérifie fréquemment le galvanoscope de lampe étalon, l'intensité du courant de chauffage et les

diverses sources de potentiel ; l'intervalle des mesures est souvent augmenté par suite de ces vérifications.

La précision des mesures n'est pas inférieure à celle qui était obtenue au début, bien au contraire.

On conclut de l'examen des erreurs moyennes, que les éclairements équivalents à ceux fournis par la Lune sont déterminés avec une approximation de 1 /200e ; lorsque l'erreur moyenne dépasse 5 p. 1 000, on est en droit d'admettre que des fluctuations de l'absorption atmosphérique sont intervenues dans un intervalle de quelques minutes.

Les conditions de fonctionnement étaient soigneusement notées, d'abord pour permettre de retrouver rapidement et sans tâtonnements les conditions favorables pour l'observation ultérieure de phases voisines, et aussi pour s'assurer si des erreurs systématiques n'étaient pas à craindre, lorsque l'observateur se trouvait obligé de les modifier au cours de la même séance d'observations.

Le potentiel accélérateur, qui peut être augmenté ou diminué par intervalles de 1,5 volt, au minimum, a été fréquemment changé à plusieurs reprises dans la même séance, pour se maintenir au voisinage du maximum de la pente de la caractéristique, sans que se manifestent de décalages concomitants sur les graphiques d'absorption. Lorsque je procédais à un changement des conditions de fonctionnement, j'attendais, par précaution, trois ou quatre minutes pour que le nouveau régime fût bien établi avant de commencer une nouvelle mesure.

Lorsque je fus bien certain que le changement des conditions de fonctionnement n'entraînait pas d'erreurs systématiques, ces conditions ne furent plus notées. Sans renseignements préalables sur les conditions favorables, leur recherche ne demande pas cinq minutes dès que l'observateur a acquis un peu d'expérience.

On pourrait redouter *a priori* une errreur systématique qui dépende de la distance de l'étalon lumineux. En effet, la fenêtre qui limite le flux introduit dans la cellule et dont le plan sert d'origine aux distances mesurées, se trouve à une certaine distance de la surface sensible. Cette distance a été réduite le plus possible, mais est restée néanmoins égale à 35 millimètres.

La tache lumineuse sur la couche sensible présente sur ses bords une pénombre qui dépend du diamètre apparent de la source ; par suite, la région active qui, pour une même dimension du diaphragme d'entrée placé sur la fenêtre, reste identique lorsque l'appareil est dirigé sur la Lune, ne possède pas les mêmes limites lorsque la lampe sert de source lumineuse. La surface de la région active augmente lorsque la distance de l'étalon lumineux diminue.

Si la couche sensible avait une sensibilité uniforme, il n'y aurait aucun inconvénient à utiliser des plages non identiques. L'expérience montre que la sensibilité n'est pas uniforme et que, pour une même surface éclairée, les différentes régions ont, par rapport à la sensibilité moyenne, des écarts d'autant plus grands que la surface éclairée est plus faible.

Pour se placer dans les meilleures conditions, il faut employer une surface assez grande et s'attacher à utiliser des plages aussi voisines que possible de l'identité (1).

Toutes nos mesures ont été obtenues avec des écrans ayant respectivement des surfaces libres de 1 centimètre carré et 3 centimètres carrés.

Le diaphragme de 1 centimètre carré était utilisé pour les phases comprises entre les quartiers et la pleine Lune. Le diaphragme de 3 centimètres carrés était nécessaire pour les croissants fins ; il était utilisé en général avant le premier quartier ou après le dernier quartier. Mais je ne me suis nullement astreint à changer de diaphragme pour un angle de phase déterminé et, au voisinage des quartiers, j'ai employé indifféremment l'un ou l'autre des deux diaphragmes.

J'ai aussi essayé dans une même séance de changer de diaphragme, en changeant naturellement toutes les autres conditions de fonctionnement, sans que les points de la droite de Bouguer manifestent un décrochement qui ne manquerait pas de se produire, si la variation de surface de la couche active utilisée introduisait une erreur systématique. Ce résultat légitime donc l'emploi de la surface libre du diaphragme comme paramètre susceptible d'intervenir dans le changement des conditions de fonctionnement, au moins lorsque la surface ne descend pas au dessous de 1 centimètre carré pour la cellule particulière que j'ai utilisée.

Le filament des lampes pyrométriques dont je me suis servi, est disposé en une seule boucle allongée dont la partie brillante a une hauteur de 12 millimètres et dont l'écart entre les deux parties rectilignes du filament est de 4 millimètres.

Si l'on utilise le diaphragme dont l'ouverture libre est un carré de 1 centimètre de côté, on trouve, en admettant un diamètre de un demi-degré pour la Lune et en tenant compte de la pénombre, que les surfaces éclairées sont égales sans être identiques, lorsque l'étalon est placé à une distance du diaphragme d'entrée égale à 0 m. 84. La surface de la tache est plus petite que celle donnée

---

(1) Fleury a indiqué (*Revue d'Optique*, 1932, p. 387) un dispositif qui réalise l'identité des plages sur la couche sensible quelle que soit la distance de la source. Dans ce but il éloigne la cellule du diaphragme qui limite le flux admis et interpose une lentille sur le faisceau pour projeter sur la couche sensible une image du diaphragme. Ce procédé est à recommander pour les mesures de haute précision.

par l'astre, lorsque la lampe de comparaison est placée au delà de cette distance et plus grande lorsqu'elle se trouve en decà.

Je n'ai mesuré que très exceptionnellement des distances supérieures à 2 mètres, et comme pour les grandes distances je suis obligé d'employer le diaphragme d'ouverture rectangulaire libre : 15 mm. × 20 mm., ce qui est une circonstance favorable, il n'y a pas d'erreur à redouter de ce fait.

Mais, pour les phases voisines de la pleine Lune, la distance de l'étalon peut s'abaisser à des distances très voisines de 30 centimètres. L'angle sous-tendu par le filament dépasse 2° dans le sens de la hauteur et la largeur de la pénombre devient quatre fois plus grande que pour la Lune.

Lorsque les distances à mesurer deviennent inférieures à 40 centimètres, il devient d'autre part nécessaire de faire les lectures avec une précision supérieure au demi-millimètre et les mesures deviennent laborieuses, parce qu'il devient difficile de réaliser des déplacements suffisamment petits de la lampe de comparaison.

J'ai adopté, à la fois pour diminuer les causes d'erreur et pour faciliter l'exécution des mesures, une lampe L_3 dont le filament était porté à une température plus élevée. Elle a été choisie telle que l'éclairement mesuré avec la cellule fût environ quatre fois plus grand que celui de l'étalon primaire. Les distances à mesurer ne descendent de la sorte jamais au-dessous de 60 centimètres.

Pour vérifier toutefois s'il subsistait une erreur systématique dans les observations du début aux courtes distances, j'ai fait deux séries de mesures, en plaçant successivement devant la cellule des diaphragmes circulaires de différents diamètres (10 millimètres, 12 millimètres, 14 millimètres). J'opérais d'abord à courte distance, puis, augmentant notablement cette dernière, je changeais les conditions de fonctionnement pour exécuter à nouveau des mesures avec chacun des diaphragmes. La distance de la lampe de comparaison a été abaissée jusqu'à 27 centimètres sans faire apparaître d'erreur systématique importante. Dans ces limites et avec cette cellule, l'erreur systématique est certainement inférieure au centième.

Des mesures plus nombreuses seraient nécessaires pour étalonner la cellule, mais une autre cause d'erreur bien plus importante a sollicité mon attention et je n'ai pas poursuivi plus loin ce genre de mesures.

Ce résultat est du reste confirmé par d'autres mesures qui permettent en même temps de se faire une opinion sur la précision des mesures échelonnées sur un long intervalle de temps.

Les lampes pyrométriques L_2 et L_3, fonctionnant l'une à un régime plus

faible, l'autre à un régime plus poussé que l'étalon primaire, ont été fréquemment comparées avec ce dernier.

Dans ces comparaisons les distances des lampes étaient quelconques, et elles ont varié entre des limites assez larges, la lampe la plus faible se trouvant placée à une distance qui s'est abaissée quelquefois jusqu'à 45 centimètres. La comparaison se fait de la manière suivante : les lampes sont alternativement substituées l'une à l'autre et on lit les distances qui correspondent à une égalisation du flux, c'est-à-dire qui fournissent une même déviation sur le microampèremètre. La substitution peut se faire rapidement et l'intervalle entre les mesures croisées successives ne dépasse pas une minute.

J'ai rassemblé dans le tableau XI les comparaisons de la lampe L_2 dans l'ordre chronologique. Dans la colonne Δ_m, j'ai inscrit la différence de magnitude qui résulte de chaque comparaison. C'est le nombre qu'il faut ajouter algébriquement aux observations pour les rapporter toutes à l'étalon E.

TABLEAU XI

Comparaisons de la lampe L_2 avec l'étalon L_1.

Date	Δ_m
1929 Septembre 27.....	+ 0m,929
Première modification du pont.	
1930 Octobre 18.....	+ 1,447
	+ 1,451
	1,446
	1,452
1931 Mars 24.....	1,452
	1,456
25.....	1,441
	+ 1,449
7 comparaisons. Erreur moyenne	± 0m,004
Deuxième modification du pont.	
1931 Avril 22.....	+ 1,854
	1,854
23.....	1,879
	1,879
30.....	1,899
Mai 20.....	1,883
	1,866
	1,880
	1,868
22.....	1,903
	1,893
	1,896
	+ 1,880
12 comparaisons. Erreur moyenne :	± 0m,013

Réparation du fil de jonction de la lampe.

Date	Δ_m
1931 Août 6.....	+ 1m,981
7.....	2,019
».....	1,999
10.....	1,992
Septembre 7.....	2,060
».....	2,058
».....	2,080
9.....	2,097
».....	2,084
Octobre 5.....	2,007
24.....	2,032
».....	2,038
Novembre 5.....	2,010
1932 Mars 23.....	1,996
	1,999
	2,012
	2,033
	+ 2,010

12 comparaisons : Erreur moyenne ± 0m,013.
5 comparaisons : + 2m,076. Erreur moyenne ± 0m,013.

Comme je l'ai mentionné au chapitre précédent, les résistances du pont ont été modifiées à deux reprises pour augmenter la différence de brillance des deux lampes. D'autre part, un fil de jonction s'étant brisé par accident, la réparation a modifié légèrement la résistance de la branche du pont sur laquelle se trouve la lampe.

Enfin, dans le dernier groupe de mesures les cinq comparaisons du mois de septembre 1931 doivent être considérées à part. Une borne du pont était insuffisamment serrée, ce qui a eu pour effet de modifier légèrement la résistance de contact.

L'erreur moyenne du premier groupe de 7 comparaisons est seulement de $\pm$ 0m,004. Dans les trois autres groupes l'erreur moyenne atteint $\pm$ 0m,013.

Dans le tableau XII sont rassemblées les comparaisons de la lampe L_3. Comme le filament de cette lampe est porté à une température plus élevée, une variation avec le temps est beaucoup plus à redouter ; c'est pourquoi la durée de fonctionnement, comptée à partir de la mise en service (durée de vieillissement non comprise) a été soigneusement notée pour chaque groupe journalier de comparaisons.

TABLEAU XII

Comparaisons de la lampe L_3 avec l'étalon L_1.

Date	Δm	M	T	Date	Δm	M	T
1931 Décembre 22...	— 1m,564			1932 Janvier 21...	— 1m,557		
»...	569			»...	568		
»...	564			»...	579	— 1m,569	43h5
»...	552	— 1m,561	6h3	»...	572		
»...	555						
»...	561			22...	564		
				»...	570	1,567	50,3
25...	578						
»...	573	1,573	15,2	23...	558		
»...	569			»...	542	1,550	63,3
24...	571			25...	556		
»...	566			»...	550	1,551	79,4
»...	571	1,573	22,3	»...	547		
»...	584						
				26...	555		
25...	565			»...	549	1,549	80,6
»...	561	1,558	32,7	»...	543		
»...	547						
				1932 Février 21..	547		
30...	554			»...	544		
»...	541			»...	552	1,546	90,0
»...	540	1,547	40,0	Moyenne de 38 comparaisons.....	— 1,559		
»...	551						
				38 comparaisons. Erreur moyenne $\pm$ 0m,012.			

L'erreur moyenne des 38 comparaisons est égale à $\pm$ $0^m,012$; elle est du même ordre de grandeur que celles qui ont été trouvées plus haut pour les divers groupes de comparaison de la lampe L_2. En portant en abscisses les valeurs de la durée de service T et en ordonnées les valeurs des moyennes journalières M, on met en évidence une légère diminution de brillance de la lampe, mais après une centaine d'heures la perte de magnitude ne dépasse pas $0^m,02$.

Comme les écarts des moyennes journalières par rapport à la moyenne générale présentent une allure systématique, j'ai préféré utiliser les moyennes journalières pour la réduction des mesures de la Lune.

En prenant comme base l'ensemble des mesures précédentes, on est en droit de conclure que les magnitudes de la Lune en fonction de l'angle de phase pourraient être déterminées à $0^m,01$ près, à l'aide de la méthode utilisée ici, si l'absorption atmosphérique n'entrait pas en jeu. L'influence de ce facteur capital sera discutée plus loin (voir chap. V).

Je terminerai par quelques considérations sur la précision des deux autres données de l'observation, heure et distance zénithale, qui ne sont pas indépendantes l'une de l'autre. La seconde pourrait se déduire de la première ; c'est pour éviter des calculs fastidieux et une grande perte de temps que j'ai préféré la mesurer directement. Cette manière de procéder comporte en outre l'avantage de permettre éventuellement une vérification de l'heure.

L'heure a toujours été lue sur ma montre : il n'y a pas d'erreur à craindre de ce fait pour les observations faites à Strasbourg où je pouvais comparer ma montre avant chaque séance d'observations.

A Sanary, j'ai pris l'heure à l'horloge de la Mairie. Dans certains cas j'ai pu la vérifier par T. S. F. ; l'écart ne dépassait pas 2 minutes. Des écarts supérieurs pourraient se présenter. Quelle est leur répercussion sur la valeur calculée de l'angle de phase ? La variation horaire de la longitude de la Lune est comprise entre $0^o,5$ et $0^o,6$. En adoptant ce dernier nombre, on voit immédiatement qu'une erreur de 10 minutes sur l'heure entraînerait un écart de $0^o,1$ sur la longitude calculée. Il est peu vraisemblable qu'une erreur supérieure à 5 minutes ait pu être commise, puisque dans deux ou trois circonstances où j'ai eu des doutes sur l'heure, je me suis servi des distances zénithales mesurées pour la contrôler et je n'ai pas trouvé d'écart supérieur à 3 minutes, soit une erreur négligeable de $0^o,03$ sur la longitude.

J'avais besoin de connaître avec une approximation meilleure la variation de l'angle de phase ; il suffisait pour cela que ma montre n'ait pas une marche

trop considérable pendant la durée des observations. J'ai vérifié que sa marche était toujours négligeable, étant donnée l'approximation désirée.

Au début des observations, je me suis contenté, pour déterminer les distances zénithales apparentes, d'un rapporteur muni d'un fil à plomb avec lequel les lectures pouvaient se faire à 1 /5 de degré près lorsque l'air était calme.

Cet appareil, suffisant tant que les observations n'ont pas lieu à une distance zénithale supérieure à 60°, ne donne pas une précision satisfaisante au delà, lorsque la masse d'air varie plus vite. Il présente, en outre, le désavantage de devenir illisible lorsque le vent s'élève ; lorsque le mistral souffle, le calcul des distances zénithales devient indispensable.

Pour porter la précision au 1 /20 de degré et pouvoir déterminer z quelle que fût l'agitation de l'air, j'ai utilisé à partir de 1931 un petit théodolite. Toutes les mesures sont relatives au centre de la Lune.

CHAPITRE IV

RÉDUCTION DES OBSERVATIONS

Chaque observation fournit les données suivantes :

1° *L'heure* en temps moyen astronomique de Greenwich pour le calcul des angles de phase.

2° *La distance de l'étalon lumineux* (plan du filament) au diaphragme placé immédiatement devant la cellule.

3° *La distance zénithale apparente* de la Lune pour la détermination des masses d'air.

Ces données figurent dans les trois premières colonnes du relevé journalier des observations (page 65 et suivantes).

Calcul de l'angle de phase

L'heure moyenne de chaque observation est notée à la minute près, ce qui est suffisant pour calculer la phase de la Lune.

L'angle de phase géocentrique a été calculé au centième de degré près, pour la première et la dernière observation de chaque série de mesures. Lorsque la séance d'observations était longue, l'angle de phase a été calculé, en outre, pour une heure intermédiaire voisine du milieu de l'intervalle.

L'angle de phase géocentrique θ_g, compté à partir de l'Antisoleil, négativement pour les phases croissantes et positivement pour les phases décroissantes, est donné par la formule :

$$\cos \theta_g = \cos \Delta\lambda \cos \beta$$

où $\Delta\lambda$ représente la différence des longitudes de la Lune et de l'Antisoleil prises dans la *Connaissance des Temps*, et β la latitude de la Lune.

Dans une première approximation, l'angle θ_g a été calculé au dixième de degré près et θ_g pris égal à $\Delta\lambda$ pour $\Delta\lambda > 30^o$ en valeur absolue. A titre de vérification pour les phases très voisines de la pleine Lune l'angle θ_g a été déterminé graphiquement, en portant en abscisses les valeurs de $\Delta\lambda$ et en ordonnées les valeurs de β. Cette méthode, dans laquelle on substitue à la sphère son plan tangent, n'est

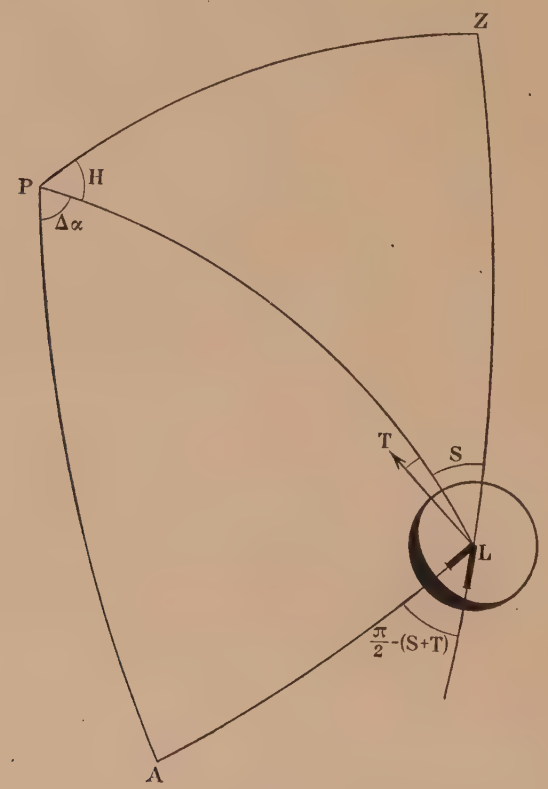


Fig. 18.

applicable que dans la limite compatible avec l'approximation qu'on se propose d'atteindre.

Lorsque les observations eurent été réunies en assez grand nombre, pour que la variation de la magnitude de la Lune en fonction de la phase pût être considérée comme bien connue, le calcul de l'angle de phase géocentrique θ_g fut poussé jusqu'au centième de degré. Si en effet l'angle n'a pas besoin d'être connu avec cette précision, sa variation doit être calculée avec cette approximation, pour ne pas laisser subsister d'erreur dans la détermination de la droite de Bouguer. D'autre part, le calcul de l'angle de la phase topocentrique devient nécessaire,

car la variation de l'angle de phase vrai est évidemment différente de celle de l'angle de phase géocentrique. Dans ce calcul on peut négliger la parallaxe du Soleil toujours notablement inférieure au centième de degré et ne tenir compte que de la parallaxe de la Lune.

Etant donnée l'approximation désirée, le procédé le plus simple pour calculer la correction due à la parallaxe consiste à projeter la parallaxe de hauteur sur la direction Anti-soleil Lune. Pour effectuer cette projection, il faut connaître l'angle que fait le plan vertical passant par le centre de la Lune avec le plan contenant le Soleil et la Lune.

Le complément de cet angle est égal à l'angle parallactique S dans le triangle de position qui a pour sommets le pôle, le zénith et la Lune (fig. 18), augmenté ou diminué de l'angle T, angle de position de la droite qui joint la ligne des cornes (plus généralement les deux extrémités du terminateur).

Détermination de l'angle S. — Connaissant l'angle horaire H de la Lune, sa distance zénithale Z mesurée directement, et la latitude φ du lieu d'observation, l'angle parallactique S s'en déduit immédiatement.

$$\sin S = \frac{\cos \varphi \sin H}{\sin z}.$$

Le problème peut se résoudre graphiquement.

La latitude de Strasbourg : $\varphi = + 48^{\circ}35'$, différant très peu de celle de Paris : $\varphi = + 48^{\circ}50'$, je me suis servi de l'abaque établie pour Paris (Bigourdan, *Instructions équatoriales*, pl. IV) qui donne l'angle S avec une approximation largement suffisante pour les observations effectuées à Strasbourg.

J'ai construit une abaque semblable pour la latitude de la station à Sanary : $\varphi = + 43^{\circ}7'$ (d'après la carte au 1/200 000^{e} du Service Géographique de l'Armée).

Les observations effectuées à Mison étant en petit nombre, l'angle S a été calculé directement.

Calcul de l'angle T. — Si l'on considère le triangle sphérique qui a pour sommets le pôle, l'Antisoleil et la Lune (fig. 18), on connaît les trois éléments suivants : l'angle au pôle P égal à la différence $\Delta\alpha$ des ascensions droites de la Lune et de l'Antisoleil, un côté adjacent $\frac{\pi}{2} - \delta$, complément de la déclinaison de l'Antisoleil et le côté opposé égal à l'angle de phase géocentrique θ_g. Dans ce

triangle l'angle qui a pour sommet la Lune est égal à $\frac{\pi}{2} - T$. Sur la figure 18 l'angle T est négatif d'après la convention faite ci-dessous.

L'analogie des sinus donne immédiatement :

$$\cos T = \cos \delta \frac{\sin \Delta\alpha}{\sin \theta_g}.$$

Cette formule a servi au calcul de l'angle T, pour les dates antérieures au 1er janvier 1931. Pour les dates postérieures, cet angle T est donné dans *Nautical Almanach* (Année 1931, Ephémérides pour les observations physiques de la Lune, p. 572-579) de jour en jour à 0 h. On peut facilement l'interpoler, sauf lorsque l'angle de phase devient petit.

Au voisinage de la pleine Lune, l'angle T varie rapidement et il devient nécessaire de le calculer de 2 heures en 2 heures, et même d'heure en heure. Une détermination graphique devient très utile à titre de vérification lorsque l'angle de phase θ_g devient plus petit que 10°.

Correction topocentrique. — En définitive la correction C, à appliquer aux angles de phase géocentrique θ_g est

$$C = \pi \sin z \sin (S + T),$$

le signe de la correction dépend du signe de sin (S + T) en adoptant la convention suivante ; l'angle S est positif avant le passage de la Lune au méridien et négatif après. L'angle de position T est positif lorsque le diamètre, limitant le terminateur, prolongé vers l'extrémité la plus boréale, se trouve dans le premier quadrant. Si l'extrémité la plus boréale est dans le quatrième quadrant, l'angle $T < 90°$, compté à partir du Nord, est affecté du signe moins.

Il est inutile de calculer, pour chaque observation, la correction qui varie d'une façon continue ; il suffit de choisir quelques observations dont les heures soient convenablement réparties, pour qu'ultérieurement on puisse interpoler linéairement, dans chaque intervalle, la correction de magnitude due à la variation de la phase.

A titre d'exemple, voici le calcul de la correction pour la soirée du 16 décembre 1931 (Tableau XIII).

On voit que la parallaxe a pour effet d'atténuer la variation de la phase géocentrique.

Avec les conventions adoptées plus haut, il n'y a aucune ambiguité sur le signe de la correction pour les phases très voisines de la pleine Lune. L'angle T

change de signe au moment de la conjonction en ascension droite de la Lune et de l'Antisoleil. C'est également l'instant où, par convention, θ_g change de signe sans passer par une valeur nulle (θ_g ne peut devenir nul que pendant une éclipse totale centrale).

TABLEAU XIII

T.m.a.G.	H	z	S	T	S+T	π sin z	π sin z sin (S+T)	θ_g	θ_1
5^h57^m	$+ 0^h27^m$	48°2	— 6°6	— 23°1	— 29°7	40′5	— 20′0 = — 0°33	— 92°12	— 92°45
7 6	+ 1 35	51,95	— 21,9	— 23,2	— 45,1	42,9	— 30,4 = — 0,51	— 91,63	— 92,14
8 18	+ 2 43	59,85	— 33,5	— 23,2	— 56,7	47,0	— 39,2 = — 0,65	— 91 10	— 91,75
9 27	+ 3 51	69,85	— 41,2	— 23,3	— 64,5	51,1	— 46,3 = — 0,77	— 90,58	— 91,35

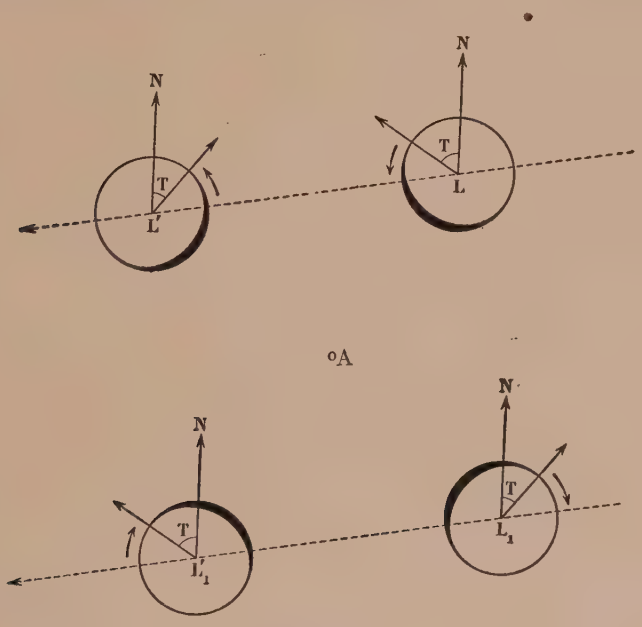


Fig. 19.

La figure 19 fait bien comprendre comment varie T au voisinage de la conjonction avec l'Antisoleil A, suivant que la Lune passe au Nord ou au Sud de ce dernier.

Le tableau ci-dessous qui résume le calcul relatif à une séance d'observations exécutées au moment de la pleine Lune, montre que l'angle de phase topocentrique est resté pratiquement constant entre 7^h32^m et 15^h33^m, soit pendant un intervalle de huit heures. Pendant toute la durée des observations, θ_t variait seulement de $0^\circ3$ alors que θ_g variait de $0^\circ9$.

TABLEAU XIV

1931 Décembre 24

T. m. a. G.	H	z	S	T	S + T	$\pi \sin z$	$\pi \sin z \sin (S+T)$	θ_g	θ_t
5^h48^m	-5^h35^m	$67^\circ3$	$+52^\circ1$	$+60^\circ2$	$+112^\circ3$	52'3	$+48'2 = +0^\circ80$	$-5^\circ73$	$-4^\circ93$
6 43	− 4 42	58,15	+ 54,1	+ 64,6	+ 118,7	48,1	+ 42,3 = + 0,71	− 5,53	− 4,82
7 32	− 3 55	49,2	+ 55,5	+ 68,8	+ 124,3	42,9	+ 35,3 = + 0,59	− 5,36	− 4,77
8 32	− 2 59	38,65	+ 55,3	+ 74,2	+ 129,5	35,5	+ 27,4 = + 0,46	− 5,20	− 4,74
9 35	− 1 58	27,6	+ 50,7	+ 80,2	+ 130,9	26,3	+ 20,1 = + 0,33	− 5,07	− 4,74
10 49	− 0 47	17,1	+ 30,2	+ 87,5	+ 117,7	16,7	+ 14,8 = + 0,25	− 5,01	− 4,76
11 39	+ 0 1	15,0	− 0,6	− 87,4	− 88,0	14,7	− 14,7 = − 0,25	+ 5,00	+ 4,75
12 49	+ 1 8	20,0	− 38,3	− 80,5	− 118,8	19,4	− 17,3 = − 0,29	+ 5,06	+ 4,77
15 33	+ 3 45	48,3	− 54,3	− 63,3	− 117,6	42,4	− 37,6 = − 0,63	+ 5,41	+ 4,78
16 48	+ 4 57	61,5	− 53,2	− 55,7	− 108,9	49,9	− 47,4 = − 0,79	+ 5,65	+ 4,86
17 58	+ 6 4	73,3	− 49,6	− 50,0	− 99,6	54,3	− 53,6 = − 0,89	+ 5,92	+ 5,03

Dans le triangle SOL (fig. 20) l'angle θ_t est l'angle supplémentaire de celui qui a pour sommet le point d'observation. Nous devons, en réalité, considérer l'angle qui a pour sommet le centre de la Lune. Cet angle est peu différent de l'angle de phase topocentrique et s'obtient à partir de θ_t, en ajoutant un terme

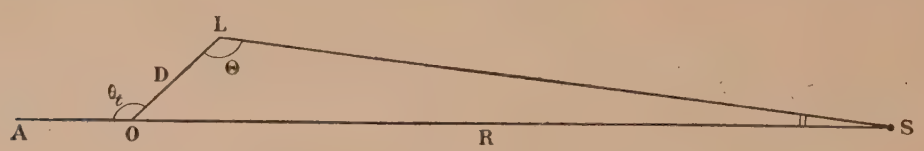


Fig. 20.

correctif toujours petit, car l'angle en S reste inférieur à 10', même lorsque la Lune est apogée.

Comme l'angle en S a pour valeur $\frac{D}{R} \sin \theta_t$, l'angle à la Lune Θ est donné en grandeur et en signe par la formule :

$$\Theta = \theta_t - \frac{D}{R} \sin \theta_t = \theta_t - 0^\circ,147 \sin \theta_t.$$

L'angle Θ figure dans la deuxième colonne du tableau XX (page 85 et suivantes) où sont données les magnitudes de la Lune.

Détermination des magnitudes de la Lune

Tous les rapports d'intensité, résultant des mesures obtenues au cours d'une même soirée, sont transformés directement en magnitudes. Pour simplifier les calculs, on adopte comme origine l'éclairement donné par la lampe placée à 1 mètre du diaphragme précédant immédiatement la cellule, quelle que soit la lampe étalon utilisée pendant la séance d'observations.

Par convention, l'éclairement donné par la lampe à cette distance de un mètre correspond à la magnitude 0. Nous aurons donc pour les valeurs brutes de la magnitude de la Lune :

$$m = \frac{2 \log D}{0,4} = 5 \log D \qquad \text{pour } D > 1^m,\ m > 0.$$

$$m = \frac{2 \operatorname{colog} D}{0,4} = 5 \operatorname{colog} D \qquad \text{pour } D < 1^m,\ m < 0.$$

Ces valeurs dont la vérification est immédiate, ne sont pas reproduites dans le tableau des observations. Dans la réduction finale les magnitudes de la Lune seront rapportées à la lampe L_1, premier étalon qui ait été réalisé et dont la température de fonctionnement n'a jamais été modifiée depuis le début.

Lorsque la séance d'observations aura été effectuée avec l'une ou l'autre des lampes L_2 ou L_3, il suffira d'ajouter une correction, évaluée également en magnitude, qui résultera de la comparaison de ces lampes avec la lampe L_1. Donc, par convention, *l'origine de notre échelle de magnitude correspondra à l'éclairement donné par la lampe* L_1 *placée à 1 mètre.*

On trouve, dans la cinquième colonne du tableau des observations, la correction c qu'il suffit d'ajouter algébriquement aux valeurs de m, non reproduites, pour obtenir la magnitude corrigée de la Lune. Cette quantité c est la somme algébrique de deux corrections évaluées directement en magnitudes :

$$c = \varphi + \delta ;$$

δ correspond à la variation de distance de la Lune à l'observateur, φ correspond à la variation de l'angle de phase topocentrique θ_t. Les corrections δ et φ sont nulles par convention pour l'une des observations de la soirée ; en général, celle qui correspond à la distance zénithale la plus faible est choisie comme base, mais

ce n'est pas toujours le cas. Toutes les observations sont ainsi ramenées à la distance topocentrique et à l'angle de phase topocentrique que la Lune possédait à l'heure de l'observation arbitrairement choisie.

Correction de distance δ. — Pour déterminer cette correction, j'ai calculé pour la latitude de 45°, intermédiaire entre les latitudes des deux stations extrêmes, la table suivante. La quantité a est la correction nécessaire pour passer d'une observation zénithale à une observation géocentrique.

TABLEAU XV

$\log \sin \pi > 8,2463$	$a = + 0^m039$
$8,2463 > \log \sin \pi > 8,2350$	$+ 0^m038$
$8,2350 > \log \sin \pi > 8,2233$	$+ 0^m037$
$8,2233 > \log \sin \pi > 8,2211$	$+ 0^m036$
$8,2211 > \log \sin \pi$	$+ 0^m035$

La correction relative à une distance zénithale quelconque est $\frac{a}{\text{séc } z}$.

En affectant de l'indice o les quantités relatives à l'observation choisie arbitrairement comme base, nous avons donc :

$$\delta_0 = 0$$

$$\delta_1 = \frac{a}{\text{séc } z_1} - \frac{a}{\text{séc } z_0}$$

.....

$$\delta_n = \frac{a}{\text{séc } z_n} - \frac{a}{\text{séc } z_0}$$

pour les observations d'une soirée. Ces valeurs de δ donnent la correction de magnitude, résultant de la variation de distance provenant de la rotation de la Terre.

Pour tenir compte de la variation de distance qui provient du déplacement de la Lune sur son orbite, il faut ajouter aux valeurs calculées ci-dessus un terme hb, qui est négligeable assez souvent.

La quantité b, évaluée en magnitude, est donnée en grandeur et en signe par la formule :

$$b = 5 (\log \sin \pi_n - \log \sin \pi_0)$$

où π_0 représente la parallaxe de la Lune pour l'observation arbitrairement choisie comme base, et π_n la parallaxe de la Lune pour la première ou la dernière obser-

vation de la série, suivant que l'astre monte ou descend sur l'horizon. La quantité h représente la fraction du temps écoulé depuis ou jusqu'à l'observation prise comme base, en prenant comme unité l'intervalle de temps $|t_n - t_0|$ qui sépare les deux observations extrêmes.

On admet que la variation de log sin π est linéaire et on peut l'admettre sans inconvénient, car, lorsque cette circonstance n'est pas approximativement réalisée, le terme est si petit qu'on peut négliger cette correction supplémentaire. Le terme b peut atteindre $0^m,006$ en valeur absolue dans une séance d'observations durant 7 heures.

Correction de phase φ. — Comme on cherche précisément la loi de variation de l'éclairement donné par la Lune en fonction de l'angle de phase Θ, il faut procéder par approximations successives.

M. Danjon, au cours de ses recherches sur la Lumière cendrée, a discuté les mesures anciennes pour établir une table des brillances globales de la Lune (A. Danjon, *Recherches de Photométrie astronomique*, p. 170 et 171). Dans ma première approximation j'ai utilisé la table suivante des magnitudes de la Lune que je dois à l'obligeance de M. Danjon.

TABLEAU XVI

Θ	Lune croissante	Lune décroissante
0°	0^m00	0^m00
10	0,20	0,24
20	0,38	0,48
30	0,59	0,74
40	0,80	1,00
50	1,06	1,33
60	1,33	1,59
70	1,64	1,88
80	1,99	2,22
90	2,35	2,57
100	2,78	2,96
110	3,30	—
120	3,73	—
130	4,36	—
140	5,18	—
150	6,23	—

J'ai tiré de cette table la valeur moyenne de Δm par degré pour chaque intervalle de 10°. Pour les phases supérieures à 100°, concernant la Lune décroissante, j'ai adopté la valeur Δm de la phase croissante dans l'intervalle correspondant.

En affectant de l'indice o les nombres relatifs à l'observation choisie comme base, nous avons :

$$\varphi_0 = 0$$
$$\varphi_1 = \Delta_m (\theta_1 - \theta_0)$$
$$\varphi_2 = \Delta_m (\theta_2 - \theta_0)$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$\varphi_n = \Delta_m (\theta_n - \theta_0)$$

En réalité, si l'on s'en tient aux phases géocentriques θ_g, cas de notre première approximation, l'angle de phase varie quasi-linéairement en fonction du temps et il suffit de calculer φ_n et d'interpoler $\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_{n-1}$ proportionnellement au temps.

Le signe de cette correction change lorsque la Lune s'élève et s'abaisse sur l'horizon et suivant qu'elle croît ou décroît.

Lorsque l'observation, prise comme base, a la distance zénithale la plus faible, on a, pour déterminer le signe, le tableau suivant :

Lune s'élève :	Lune s'abaisse :
Phase croissante : —	Phase croissante : +
— décroissante : +	— décroissante : —

S'il y a des observations de part et d'autre de l'observation prise pour base, la correction change naturellement de signe à l'instant qui correspond à cette observation.

La réduction des observations a permis d'établir le tableau suivant d'où ont été tirées les valeurs de Δ_m utilisées dans la seconde approximation.

TABLEAU XVII

Θ	Lune croissante	Lune décroissante
0°	0m00	0m00
10	0,28	0,30
20	0,60	0,60
30	0,92	0,90
40	1,19	1,18
50	1,46	1,42
60	1,68	1,71
70	1,93	1,98
80	2,35	2,33
90	2,78	2,70
100	3,18	3,07
110	3,59	3,46
120	4,04	3,99
130	4,55	4,50
140	—	5,13
150	—	5,87

L'angle θ_t, utilisé dans cette deuxième approximation, ne varie pas linéairement ; il n'est cependant pas indispensable de le calculer pour chaque observation. Il suffit, étant donné l'approximation cherchée, de le calculer pour quelques observations dont les heures sont convenablement réparties et d'interpoler la correction φ dans chaque intervalle.

Les valeurs corrigées, données dans la sixième colonne :

$$m_c = 5 \log d + c \qquad d > 1^m$$
$$m_c = 5 \operatorname{colog} d + c \qquad d < 1^m$$

ne sont plus affectées que par l'absorption atmosphérique : ce sont elles qui vont servir à la déterminer.

Détermination de l'absorption atmosphérique

Calcul des masses d'air. — En prenant la masse d'air correspondante à chaque observation, égale à sec z, l'erreur commise est inférieure au centième tant que z ne dépasse pas 60°. A Sanary, de nombreuses observations ont été effectuées à des distances zénithales beaucoup plus grandes, d'où la nécessité d'introduire un terme correctif.

J'ai adopté pour le calcul des masses d'air la formule :

$$M = \text{séc } z - 0{,}00084 \text{ séc}^3 z$$

qui, d'après M. Danjon, est valable avec une bonne approximation jusqu'à la limite $z = 84°$. La Lune n'a été observée que très exceptionnellement à des distances zénithales supérieures à 75° ; puisque la masse d'air la plus grande qui intervienne dans mes mesures est inférieure de moitié à la masse d'air qui correspond à la limite indiquée ici, cette formule donne une précision largement suffisante.

Détermination de K. — Portant en abscisses les valeurs de M, données dans la quatrième colonne du relevé journalier des observations et en ordonnées les valeurs de m_c figurant dans la dernière colonne, on peut dessiner la droite de Bouguer qui représente le mieux possible l'ensemble des observations de la soirée.

Sa pente $K = -\dfrac{\log_{10} T}{0{,}4}$ donne le coefficient T de transmission de l'atmosphère suivant la verticale.

L'hypothèse d'une atmosphère homogène pendant toute la durée des observations est implicitement admise. Si cette condition n'est pas réalisée la méthode de réduction cesse d'être légitime. Il arrive, en effet, que la détermination de K ne soit pas possible ; les points ne s'alignent pas le long d'une droite. On en con-

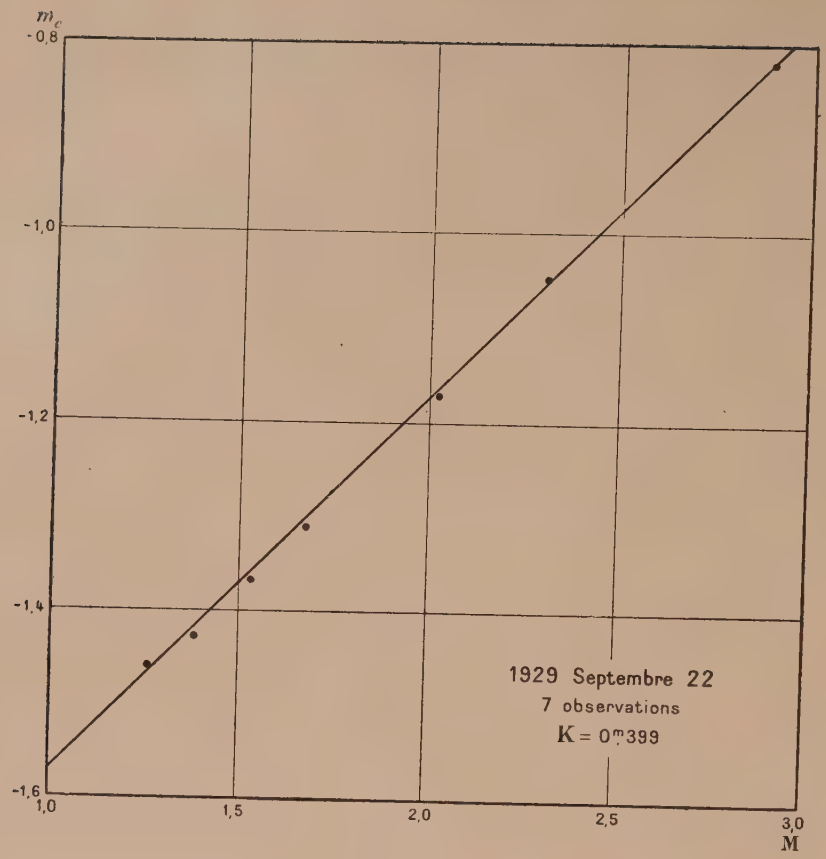

m_c
-0,8
-1,0
-1,2
-1,4
-1,6
1,0
1,5
2,0
2,5
3,0
M
1929 Septembre 22
7 observations
K = 0m399

Fig. 21.

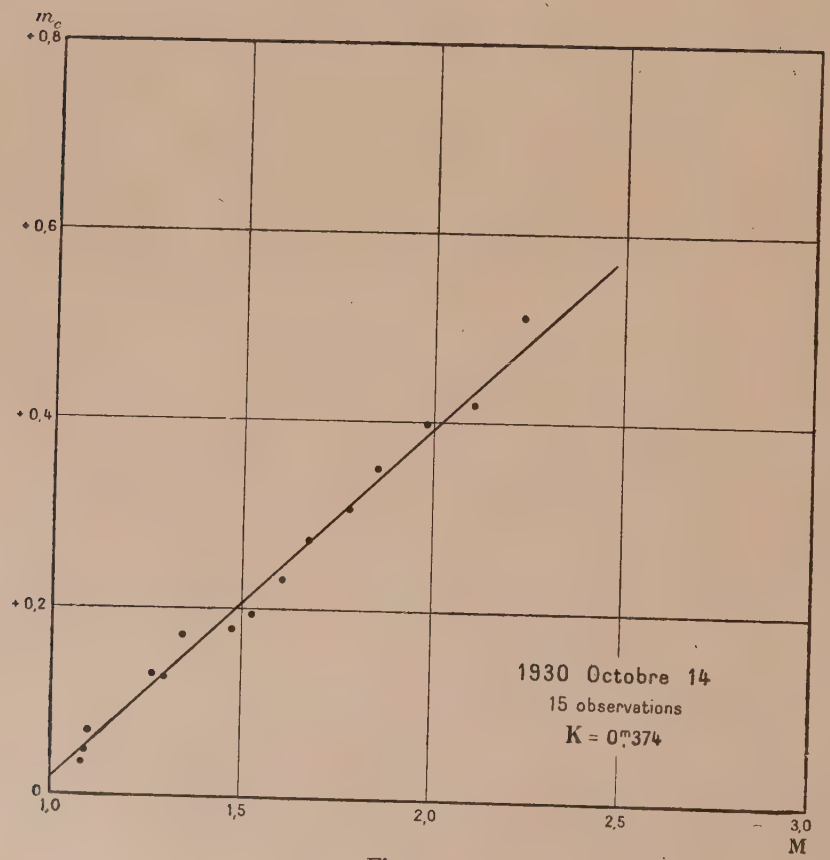

m_c
+0,8
+0,6
+0,4
+0,2
0
1,0
1,5
2,0
2,5
3,0
M
1930 Octobre 14
15 observations
K = 0m374

Fig. 22.

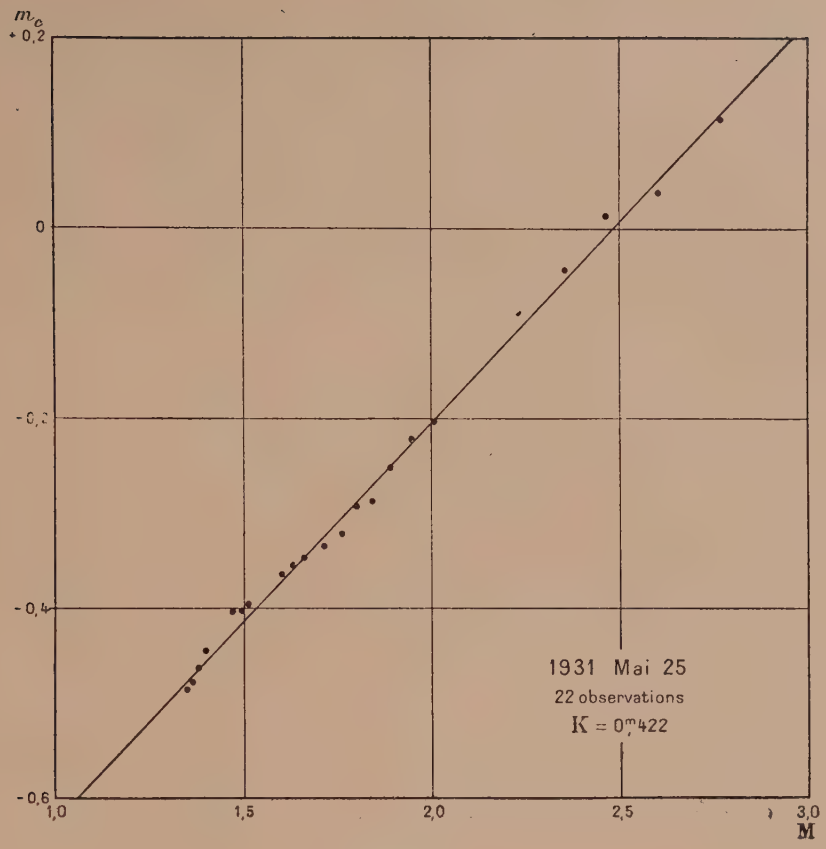

m_c
+ 0,2
0
- 0,2
- 0,4
- 0,6
1,0
1,5
2,0
2,5
3,0
M
1931 Mai 25
22 observations
K = 0m422

Fig. 23.

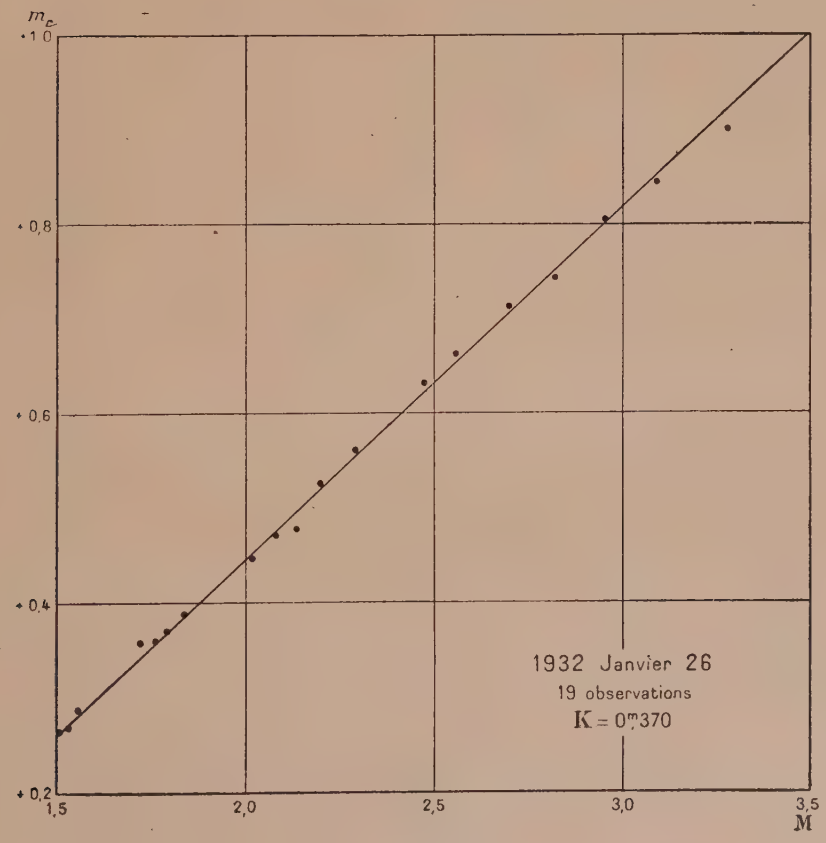

m_c
+ 1,0
+ 0,8
+ 0,6
+ 0,4
+ 0,2
1,5
2,0
2,5
3,0
3,5
M
1932 Janvier 26
19 observations
K = 0m370

Fig. 24.

clut que la transparence a varié au cours de la soirée. L'étude de ces anomalies sera exposée plus loin en détail.

Quatre exemples de bonnes déterminations de K sont données ici (fig. 21 à 24).

Les valeurs de K déterminées figurent dans la troisième colonne du tableau XX (voir pages 85 à 87).

Lorsque dans la colonne K un nombre est inscrit entre parenthèses, cela signifie que l'absorption n'a pas été déterminée parce que le nombre des observations était insuffisant, mais que sa valeur a été choisie arbitrairement. En général c'est la valeur déterminée la veille ou le lendemain qui est prise, ou bien les circonstances météorologiques ont guidé le choix de l'observateur.

Le poids p, attribué à chaque détermination, est noté dans la quatrième colonne du tableau XX. Ce poids a été choisi en ayant égard : 1° au nombre des observations, 2° à l'intervalle des masses d'air qui correspondent aux observations extrêmes, 3° enfin et surtout à l'écart maximum présenté par les points représentatifs avec la droite de Bouguer adoptée.

L'ordre de grandeur des écarts tolérés est :

$\pm$	$0^m,02$	pour le poids 5
$\pm$	0,04	— 4
$\pm$	0,06	— 3
$\pm$	0,10	— 2
$>$	0,10	— 1

Relevé journalier des observations

Les observations sont données ici dans l'ordre chronologique. Parmi les soirées, dont les observations ne sont pas utilisables pour la photométrie de la Lune, ne figurent que celles qui m'ont servi dans l'étude des variations de l'absorption atmosphérique. Le tableau des observations contient :

en 1928	10	nuits comprenant	42	mesures.
1929	5	—	34	—
1930	17	—	177	—
1931	52	—	860	—
1932	27	—	530	—
Total	111	nuits comprenant	1.643	mesures.

Lorsque la moyenne de plusieurs observations a été utilisée (voir page 84) ces observations sont réunies par une accolade dans le relevé journalier.

Une colonne supplémentaire f, concernant les fluctuations d'origine atmosphérique, est insérée entre la colonne où sont inscrites les distances de la lampe et celle des distances zénithales de la Lune aux dates suivantes :

1930 février 11 et 12, 1931 mars 2 et 5, 1932 mars 12, 14, 15 et 16.

Observations photométriques de la Lune

T. m. a. G.	D	z	M	c	me
1928 Mai 2. Ciel pur.					
9h27m	0,599			— 0m005	— 1m135
9 45	0,595			— 0,002	— 1,129
9 59	0,602	54°0	1,697	0	— 1,102
10 17	0,575			+ 0,001	— 1,201
10 35	0,559			+ 0,005	— 1,258
10 48	0,560	54,7	1,726	+ 0,008	— 1,251
Mai 3. Ciel pur.					
11 35	0,474	60,0	1,993	0	— 1,621
11 47	0,475	60,5	2,024	+ 0,002	— 1,615
Mai 24. Une seule mesure possible avant que la Lune soit cachée par le bâtiment.					
9 10	1,978	59,6	1,970	0	+ 1,483
Août 2.					
10 45	0,696	71,3	3,095	+ 0,006	— 0,781
11 0	0,703	70,1	2,917	+ 0,004	— 0,761
11 11	0,680	69,5	2,835	+ 0,002	— 0,836
11 21	0,671	68,8	2,747	0	— 0,867
Août 6.					
13 5	0,9105	56,4	1,802	+ 0,015	— 0,189
13 26	0,891	54,0	1,697	+ 0,012	— 0,238
13 45	0,878	51,6	1,606	+ 0,009	— 0,274
14 3	0,857	49,4	1,534	+ 0,006	— 0,329
14 31	0,844	47,4	1,474	0	— 0,369
Août 7.					
12 34	1,355	63,8	2,255	+ 0,021	+ 0,681
13 4	1,165	59,6	1,970	+ 0,016	+ 0,348
13 24	1,113	56,0	1,784	+ 0,010	+ 0,243
13 46	1,069	52,7	1,647	+ 0,005	+ 0,149
14 7	1,055	50,0	1,553	0	+ 0,116
Septembre 3. Ciel très pur.					
11 24	0,716	56,5	1,807	+ 0,015	— 0,711
11 58	0,704	52,0	1,620	+ 0,010	— 0,752
12 22	0,675	48,8	1,515	+ 0,007	— 0,849
12 41	0,680	46,7	1,455	+ 0,004	— 0,834
13 1	0,669	44,5	1,400	0	— 0,873
Septembre 4. Ciel très pur.					
11 6	0,900	63,3	2,217	+ 0,016	— 0,213
11 25	0,855	60,1	1,999	+ 0,013	— 0,327
11 44	0,827	57,2	1,841	+ 0,010	— 0,403
12 8	0,781	53,5	1,677	+ 0,006	— 0,531
12 43	0,759	48,5	1,506	0	— 0,599

T. m. a. G.	D	z	M	c	me
1928 Septembre 5. Ciel très pur. Devient un peu brumeux après la dernière observation.					
11h28m	1,121	65°0	2,355	+ 0m021	+ 0m269
11 48	1,094	61,9	2,115	+ 0,017	+ 0,212
12 5	1,071	59,0	1,936	+ 0,013	+ 0,162
12 23	1,034	56,5	1,807	+ 0,010	+ 0,083
12 42	1,031	53,3	1,669	+ 0,006	+ 0,072
13 11	1,065	48,7	1,512	0	+ 0,137
Octobre 28. Ciel ~~très pur~~ ; à 10h40m ciel se couvre.					
8 4	0,304	55,5	1,761	— 0,008	— 2,593
8 26	0,2995	50,9	1,581	— 0,005	— 2,623
10 15	0,285	40,2	1,309	0	— 2,726
1929 Septembre 22 L'_1. Ciel pur ; légers cirrus au Nord, qui, à la fin, se rapprochent vers la Lune.					
9 31	0,680	69,9	2,889	+ 0,018	— 0,819
10 0	0,613	64,4	2,304	+ 0,015	— 1,048
10 24	0,580	60,5	2,024	+ 0,012	— 1,171
11 0	0,544	53,5	1,677	+ 0,010	— 1,312
11 28	0,531	49,2	1,527	+ 0,006	— 1,368
12 5	0,518	43,7	1,383	0	— 1,429
12 45	0,512	37,5	1,260	— 0,007	— 1,461
Septembre 23 L'_1. Pendant le jour, brume légère et perspective aérienne marquée, quelques cirrus ; nuit pure, pas de cirrus ; absorption forte à l'horizon par brume basse.					
9 49	0,787	67,0	2,544	+ 0,025	— 0,495
10 15	0,740	62,8	2,179	+ 0,024	— 0,630
10 43	0,697	58,6	1,914	+ 0,019	— 0,765
11 11	0,666	54,6	1,722	+ 0,015	— 0,866
11 52	0,653	48,0	1,491	+ 0,011	— 0,914
12 34	0,6275	41,8	1,342	+ 0,005	— 1,007
13 19	0,613	35,5	1,228	0	— 1,053
14 1	0,617	30,5	1,161	— 0,005	— 1,053
Septembre 26 L'_1 Ciel pur.					
13 33	1,73	61,5	2,088	+ 0,037	+ 1,227
13 54	1,64	58,1	1,886	+ 0,032	+ 1,106
14 16	1,573	54,1	1,701	+ 0,027	+ 1,011
14 37	1,501	51,5	1,603	+ 0,023	+ 0,905
14 56	1,455	47,5	1,473	+ 0,019	+ 0,833
15 26	1,40	43,2	1,372	+ 0,012	+ 0,743
15 47	1,394	39,5	1,296	+ 0,007	+ 0,728
16 25	1,386	33,5	1,199	0	+ 0,709
Septembre 27 L_2. Ciel pur.					
14 34	1,467	62,6	2,165	+ 0,031	+ 0,863
14 55	1,427	59,4	1,958	+ 0,024	+ 0,796

T. m. a. G.	D	f	z	M	c	m_c
15h 10m	1,366		56°8	1,821	+ 0m019	+ 0m696
15 24	1,352		54,3	1,710	+ 0,014	+ 0,669
15 42	1,288		51,5	1,603	+ 0,009	+ 0,559
15 56	1,296		49,1	1,524	+ 0,004	+ 0,567
16 9	1,272		46,9	1,460	0	+ 0,522
1929 Septembre 28 L_2 Brume légère, mais pas de nuages.						
15 46	2,59		61,8	2,108	+ 0,015	+ 2,081
15 52	2,550		60,7	2,037	+ 0,012	+ 2,045
16 16	2,462		57,3	1,846	+ 0,004	+ 1,960
16 25	2,440		55,9	1,779	0	+ 1,937
1930 Février 11 L_1 ; ciel pur.						
6 56	0,44	± 5mm	46,5	1,453	— 0,064	— 1,847
7 20	0,416	± 5	42,6	1,359	— 0,056	— 1,960
9 38	0,380	± 1	26	1,113	— 0,018	— 2,119
9 47	0,382	± 1	25,5	1,108	— 0,016	— 2,106
10 0	0,380	± 1	25	1,101	— 0,012	— 2,113
10 14	0,371	± 0,5			— 0,009	— 2,164
10 34	0,364	± 0,3			— 0,005	— 2,199
10 49	0,364	± 0,3			— 0,002	— 2,196
10 58	0,366	± 0,3	25	1,101	0	— 2,182
Février 12 L_1 ; ciel pur.						
6 55	0,426	± 7	60,5	2,024	— 0,072	— 1,925
7 5	0,406	± 4,4	57,3	1,846	— 0,068	— 2,025
7 34	0,381	± 3	53	1,658	— 0,060	— 2,155
7 45	0,372	± 3	51,1	1,589	— 0,056	— 2,203
7 57	0,365	± 2	49,2	1,527	— 0,053	— 2,241
8 4	0,355	± 1	48,4	1,503	— 0,050	— 2,299
9 57	0,324		33,7	1,202	— 0,017	— 2,464
10 10	0,321		32,7	1,188	— 0,014	— 2,481
10 37	0,314		30,6	1,162	— 0,008	— 2,523
11 0	0,316	± 1			— 0,004	— 2,505
11 19	0,308	± 2	28,8	1,141	0	— 2,557
12 7	0,300		30,0	1,155	+ 0,015	— 2,599
12 18	0,304		31,2	1,169	+ 0,018	— 2,567
13 52	0,321		40,5	1,315	+ 0,040	— 2,427
14 15	0,327		44,7	1,407	+ 0,045	— 2,382
14 36	0,333		47,4	1,477	+ 0,050	— 2,338
14 47	0,339		49,4	1,536	+ 0,052	— 2,297
Mars 8 L_2 ; ciel paraît très légèrement brumeux pour les deux premières mesures.						
8 12	0,81		32,5	1,185	— 0,006	— 0,463
8 19	0,81		34	1,206	— 0,005	— 0,462
8 36	0,76		36	1,236	0	— 0,596
10 20	0,88		52	1,624	+ 0,027	— 0,250
10 26	0,93		53,5	1,681	+ 0,028	— 0,129
10 50	0,96		56,5	1,812	+ 0,036	— 0,052
Avril 8 L_1 ; ciel très pur.						
9 18	0,794		35	1,221	— 0,002	— 0,503
9 28	0,792		36,5	1,244	0	— 0,506
9 40	0,805		37	1,252	+ 0,002	— 0,469
10 12	0,832		40,5	1,315	+ 0,005	— 0,394

T. m. a. G.	D	z	M	c	m_c
10h 30m	0,847	43°	1,365	+ 0m007	— 0m354
10 50	0,886	45,9	1,435	+ 0,009	— 0,254
11 10	0,889	48,9	1,518	+ 0,011	— 0,244
11 30	0,907	52,0	1,620	+ 0,013	— 0,199
1930 Avril 9 L_1 ; ciel très pur au début, légèrement brumeux au moment de la dernière mesure.					
8 15	0,621	37,5	1,260	0	— 1,035
8 32	0,624	36	1,236	+ 0,008	— 1,016
8 50	0,632	35	1,221	+ 0,015	— 0,981
9 55	0,631	38	1,269	+ 0,016	— 0,984
11 20	0,676	47,5	1,477	+ 0,035	— 0,865
11 53	0,742	52,1	1,624	+ 0,042	— 0,606
12 2	0,750	53,4	1,672	+ 0,045	— 0,580
12 20	0,847	55,5	1,761	+ 0,049	— 0,311
Mai 3 L_2 ; ciel pur, les mesures montrent qu'il y a une diminution passagère de la transparence vers 8h35.					
7 40	1,585	48,0	1,491	0	+ 0,950
7 48	1,60	49,0	1,521	+ 0,002	+ 1,022
7 51	1,614	49,4	1,534	+ 0,003	+ 1,033
7 55	1,63	50,1	1,556	+ 0,004	+ 1,065
8 15	1,683	53,5	1,677	+ 0,011	+ 1,141
8 22	1,718	54,7	1,726	+ 0,012	+ 1,187
8 30	1,780	56,0	1,784	+ 0,014	+ 1,266
8 34	1,84	56,5	1,807	+ 0,016	+ 1,340
8 36	1,817	56,7	1,816	+ 0,017	+ 1,314
8 40	1,802	57,4	1,851	+ 0,018	+ 1,297
8 44	1,880	58,0	1,881	+ 0,019	+ 1,390
8 47	1,924	58,5	1,908	+ 0,020	+ 1,441
Octobre 6 L_1. Cirrus au Nord. Ciel très pur sauf peut-être au moment des premières mesures.					
8 35	0,4125	55,3	1,752	— 0,029	— 1,952
8 50	0,375	53,7	1,685	— 0,025	— 2,155
9 7	0,363	51,9	1,616	— 0,021	— 2,221
9 18	0,358	50,6	1,572	— 0,019	— 2,249
9 35	0,357	48,6	1,509	— 0,015	— 2,252
9 45	0,353	46,9	1,460	— 0,012	— 2,273
10 0	0,3525	45,4	1,422	— 0,009	— 2,273
10 25	0,347	44,5	1,402	— 0,005	— 2,303
10 50	0,351	44,4	1,400	0	— 2,273
11 25	0,3535	44,7	1,407	+ 0,005	— 2,253
Octobre 7 L_1. Nuages se dissipent à 7h ; ciel paraît très pur ensuite. L'éclipse est encore très sensible au moment des deux premières mesures.					
7 20	0,497	67,7	2,620	+ 0,002	— 1,516
7 30	0,4535	66,2	2,476	+ 0,003	— 1,714
8 25	0,3315	57,1	1,836	+ 0,006	— 2,392
8 40	0,3165	55,5	1,761	+ 0,006	— 2,452
8 50	0,3035	53,6	1,681	+ 0,007	— 2,582
9 10	0,2975	50,5	1,569	+ 0,007	— 2,625
9 20	0,288	49,8	1,547	+ 0,008	— 2,694
9 35	0,289	47,6	1,480	+ 0,009	— 2,686

T. m. a. G.	D	z	M	c	mc
9h45m	0,294	46°6	1,453	+ 0m009	— 2m649
10 0	0,2885	44,5	1,400	+ 0,009	— 2,689
11 10	0,291	39,2	1,291	+ 0,004	— 2,676
11 15	0,2885	39,1	1,289	+ 0,004	— 2,695
11 55	0,288	38,8	1,283	+ 0,001	— 2,702
12 5	0,2885	39,0	1,287	0	— 2,701
1930 Octobre 9 L_1. Ciel dégagé de nuages.					
14 35	0,4955	32,6	1,187	0	— 1,525
14 50	0,500	34,7	1,216	— 0,002	— 1,507
15 5	0,4985	36,1	1,238	— 0,005	— 1,517
16 5	0,524	46,8	1,458	— 0,019	— 1,422
16 38	0,551	51,3	1,596	— 0,027	— 1,321
17 0	0,583	55,1	1,744	— 0,033	— 1,205
Octobre 12 L_1.					
10 5	0,837	66,4	2,484	+ 0,031	— 0,355
10 15	0,750	64,7	2,329	+ 0,031	— 0,594
10 25	0,754	63,2	2,209	+ 0,029	— 0,584
10 35	0,745	61,4	2,081	+ 0,028	— 0,611
10 45	0,742	59,9	1,987	+ 0,027	— 0,621
14 10	0,682	24,3	1,097	+ 0,006	— 0,825
14 15	0,655	22,9	1,085	+ 0,005	— 0,914
14 25	0,659	22	1,079	+ 0,004	— 0,879
14 35	0,674	21	1,071	+ 0,003	— 0,863
14 45	0,668	20,5	1,067	+ 0,002	— 0,874
14 55	0,646	19,5	1,061	0	— 0,949
Octobre 13 L_1. Ciel très pur.					
11 15	1,006	64,9	2,346	+ 0,046	+ 0,059
11 25	0,990	63,2	2,209	+ 0,045	+ 0,023
11 42	0,940	60,6	2,030	+ 0,042	— 0,092
11 55	0,916	58,2	1,892	+ 0,041	— 0,149
12 5	0,892	56,0	1,784	+ 0,040	— 0,208
12 20	0,8805	53,3	1,669	+ 0,037	— 0,239
12 30	0,865	51,8	1,613	+ 0,035	— 0,280
12 40	0,860	49,6	1,540	+ 0,033	— 0,294
12 55	0,856	47,4	1,474	+ 0,029	— 0,309
13 40	0,825	39,5	1,296	+ 0,024	— 0,394
13 55	0,825	37,5	1,260	+ 0,021	— 0,397
14 5	0,819	35,3	1,225	+ 0,019	— 0,415
15 50	0,815	18	1,044	+ 0,003	— 0,442
16 0	0,813	17	1,041	+ 0,002	— 0,447
16 10	0,813	16,5	1,040	0	— 0,449
Octobre 14 L_1. Ciel très pur.					
12 25	1,240	63,6	2,240	+ 0,046	+ 0,513
12 40	1,190	61,8	2,108	+ 0,042	+ 0,420
12 50	1,179	59,8	1,981	+ 0,041	+ 0,398
13 5	1,154	57,5	1,856	+ 0,038	+ 0,349
13 10	1,132	56	1,784	+ 0,037	+ 0,306
13 25	1,117	53,5	1,677	+ 0,034	+ 0,274
13 35	1,096	51,7	1,609	+ 0,033	+ 0,232
13 50	1,078	49,2	1,527	+ 0,030	+ 0,193
14,0	1,071	47,3	1,471	+ 0,028	+ 0,177
14 30	1,070	42,2	1,350	+ 0,024	+ 0,171

T. a. m. G.	D	z	M	c	mc
14h45m	1,049	39°7	1,300	+ 0m022	+ 0m126
14 55	1,051	38,0	1,269	+ 0,020	+ 0,128
16 15	1,029	24,5	1,099	+ 0,007	+ 0,069
16 30	1,020	23,0	1,086	+ 0,004	+ 0,047
16 45	1,016	22,0	1,079	0	+ 0,034
1930 Octobre 15 L_1. Ciel très pur.					
13 38	1,457	63,5	2,232	+ 0,030	+ 0,847
13 54	1,386	60,3	2,012	+ 0,027	+ 0,736
14 11	1,374	57,5	1,856	+ 0,023	+ 0,713
14 20	1,354	55 4	1,756	+ 0,022	+ 0,681
14 28	1,336	54,0	1,697	+ 0,021	+ 0,650
14 40	1,323	52,2	1,628	+ 0,018	+ 0,626
14 50	1,310	50,3	1,563	+ 0,016	+ 0,602
15 0	1,293	48,2	1,497	+ 0,015	+ 0,571
15 12	1,288	46,4	1,447	+ 0,013	+ 0,563
16 20	1,257	34,6	1,215	+ 0,001	+ 0,498
16 30	1,239	33,0	1,192	0	+ 0,465
Octobre 16 L_1 Ciel pur.					
14 30	2,002	66,6	2,504	+ 0,040	+ 1,547
14 47	1,904	64,0	2,271	+ 0,035	+ 1,434
14 56	1,865	62,2	2,136	+ 0,033	+ 1,386
15 10	1,819	60,0	1,993	+ 0,028	+ 1,327
15 22	1,798	58,2	1,892	+ 0,024	+ 1,298
15 30	1,794	56,3	1,798	+ 0,022	+ 1,291
15 39	1,774	54,4	1,714	+ 0,020	+ 1,265
16 6	1,772	49,9	1,550	+ 0,014	+ 1,256
16 16	1,757	48,1	1,494	+ 0,010	+ 1,234
16 24	1,755	47,2	1,469	+ 0,007	+ 1,228
16 32	1,753	46,3	1,445	+ 0,005	+ 1,224
16 50	1,727	43,8	1,385	0	+ 1,186
Octobre 18 L_2. z calculé. Ciel pur ; mistral.					
16 10	3,165	74,8	3,768	+ 0,019	+ 2,521
16 16	3,055	73,5	3,484	+ 0,015	+ 2,440
16 25	2,830	72,1	3,225	+ 0,012	+ 2,271
16 30	2,760	71,2	3,089	+ 0,010	+ 2,214
16 42	2,595	69,3	2,810	+ 0,005	+ 2,075
16 50	2,497	67,5	2,598	0	+ 1,987
Novembre 13 L_2. Ciel paraît pur pour les quatre dernières mesures.					
14 5	0,905	60,1	1,999	+ 0,021	— 0,195
14 14	0,8645	58,7	1,919	+ 0,019	— 0,297
14 24	0,865	57,6	1,861	+ 0,016	— 0,300
14 34	0,853	56,5	1,807	+ 0,013	— 0,332
14 43	0,855	54,8	1,731	+ 0,011	— 0,329
14 54	0,858	53,5	1,677	+ 0,008	— 0,324
15 12	0,824	50,4	1,566	+ 0,005	— 0,415
15 23	0,807	48,7	1,512	+ 0,004	— 0,461
15 32	0,808	47,2	1,470	+ 0,003	— 0,460
15 50	0,799	45,8	1,433	0	— 0,487

T. m. a. G.	D	f	z	M	c	m_c
1930 Novembre 14 L_2. Ciel paraît pur pour la première mesure, très légèrement voilé pour les 4 suivantes, pur pour les 2 dernières. A 17^h20^m début de l'aurore.						
16^h33^m	1,094		51°3	1,596	+ 0^m033	+ 0^m228
16 38	1,088		50,7	1,576	+ 0,030	+ 0,211
16 47	1,082		50	1,553	+ 0,025	+ 0,196
16 59	1,054		48,6	1,509	+ 0,019	+ 0,133
17 8	1,055		47,2	1,470	+ 0,013	+ 0,129
17 17	0,995		46,3	1,446	+ 0,006	— 0,005
17 25	0,989		45,6	1,428	0	— 0,024
1931 Février 24 L_2. Ciel brumeux à 7^h ; brume semble avoir disparu à 7^h15^m.						
7 19	0,920		42,5	1,356	0	— 0,181
7 40	0,930		45,7	1,430	+ 0,003	— 0,165
8 0	0,9445		48,7	1,512	+ 0,006	— 0,118
8 11	0,9395		50,7	1,576	+ 0,007	— 0,128
8 19	0,950		51,6	1,606	+ 0,008	— 0,103
8 39	1,983		54,5	1,718	+ 0,013	+ 0,134
8 49	1,959		56,1	1,789	+ 0,014	+ 0,108
8 55	1,963		57,3	1,846	+ 0,015	+ 0,114
9 3	1,974		58,3	1,897	+ 0,017	+ 0,128
9 10	1,074		59,8	1,981	+ 0,018	+ 0,173
9 17	1,094		61,2	2,069	+ 0,019	+ 0,214
Remarque. — L_1 utilisé pour 4 mesures, 8^h39^m à 9^h3^m.						
Mars 2. Ciel pur.						
6 50	0,653	±14mm	52,4	1,635	— 0,054	— 0,979
6 57	0,594	± 6	51,0	1,586	— 0,051	— 1,182
7 12	0,550	± 5	48,8	1,515	— 0,047	— 1,345
7 20	0,538	± 8	47,3	1,471	— 0,044	— 1,390
7 28	0,528	± 2	46,7	1,455	— 0,041	— 1,428
7 34	0,5245	± 3	45,3	1,420	— 0,039	— 1,440
7 50	0,518	± 4	43,0	1,367	— 0,035	— 1,463
8 0	0,514	± 4	41,7	1,340	— 0,030	— 1,475
9 25	0,465	± 4	32,9	1,191	— 0,006	— 1,669
9 34	0,457	± 2	32,3	1,183	— 0,004	— 1,704
9 44	0,460	± 4	31,8	1,177	— 0,002	— 1,688
9 52	0,461	± 4	31,2	1,169	0	— 1,681
10 43	0,485	± 4	31,3	1,171	+ 0,013	— 1,558
10 55	0,475	± 4	31,5	1,173	+ 0,015	— 1,601
11 3	0,475	± 4	32,0	1,179	+ 0,017	— 1,599
11 11	0,477	± 2	32,5	1,185	+ 0,018	— 1,589
Mars 5 L_1.						
10 31	0,523	± 2	60,5	2,024	+ 0,015	— 1,392
10 43	0,527	± 4	59,9	1,987	+ 0,012	— 1,379
11 0	0,525	± 6	58,4	1,903	+ 0,008	— 1,391
11 5	0,514	± 2	57,8	1,871	+ 0,008	— 1,437
11 15	0,5045	± 0,5	57,0	1,831	+ 0,005	— 1,483
11 26	0,505	± 7	56,0	1,784	+ 0,003	— 1,480
11 35	0,502	± 3	55,3	1,752	+ 0	— 1,496

T. m. a. G.	D	z	M	c	m_c
1931 Mars 24 L_2					
6^h47^m	1,0665	46°6	1,453	0^m	+ 0^m140
6 55	1,0785	47,5	1,477	+ 0,002	+ 0,166
7 2	1,0935	48,5	1,506	+ 0,004	+ 0,198
7 18	1,112	50,9	1,583	+ 0,009	+ 0,239
7 27	1,1345	52,3	1,631	+ 0,012	+ 0,286
7 35	1,1495	53,4	1,673	+ 0,014	+ 0,316
7 43	1,158	54,7	1,726	+ 0,016	+ 0,334
7 50	1,1665	55,9	1,779	+ 0,018	+ 0,352
7 59	1,2035	57,1	1,836	+ 0,020	+ 0,422
8 5	1,2145	58,1	1,886	+ 0,021	+ 0,443
8 10	1,2295	59,1	1,942	+ 0,023	+ 0,472
8 18	1,2485	60,1	1,999	+ 0,024	+ 0,506
8 24	1,2645	61,2	2,069	+ 0,026	+ 0,536
Mars 25 L_1. Mesures possibles seulement à partir de 8 heures.					
8 0	1,626	47,3	1,471	— 0,003	+ 1,053
8 8	1,673	48,4	1,503	— 0,002	+ 1,115
8 14	1,667	49,4	1,534	0	+ 1,109
8 20	1,680	50,3	1,563	+ 0,002	+ 1,128
8 25	1,691	51,1	1,589	+ 0,003	+ 1,144
8 29	1,683	51,9	1,616	+ 0,003	+ 1,133
8 38	1,671	53,2	1,666	+ 0,006	+ 1,121
8 44	1,686	54,1	1,701	+ 0,007	+ 1,141
8 50	1,707	54,9	1,735	+ 0,009	+ 1,170
8 57	1,733	56,2	1,793	+ 0,010	+ 1,204
9 3	1,752	57,2	1,841	+ 0,012	+ 1,229
Mars 26 L_1. Ciel très pur.					
7 4	1,1445	30	1,155	0	+ 0,293
7 13	1,1365	31	1,167	+ 0,002	+ 0,280
7 20	1,135	32	1,179	+ 0,004	+ 0,279
7 26	1,1335	33	1,192	+ 0,005	+ 0,277
7 47	1,1435	35,9	1,233	+ 0,010	+ 0,301
7 53	1,1475	36,8	1,249	+ 0,011	+ 0,310
8 0	1,1615	37,9	1,267	+ 0,012	+ 0,337
8 30	1,1745	42,8	1,363	+ 0,019	+ 0,368
8 36	1,1675	43,5	1,378	+ 0,021	+ 0,357
8 41	1,176	44,2	1,395	+ 0,022	+ 0,374
8 55	1,1835	45,7	1,430	+ 0,025	+ 0,391
9 3	1,178	47,2	1,469	+ 0,027	+ 0,383
9 13	1,186	48,9	1,518	+ 0,029	+ 0,399
9 20	1,1935	50,0	1,553	+ 0,031	+ 0,415
9 28	1,1905	51,2	1,593	+ 0,033	+ 0,412
9 35	1,198	52,4	1,635	+ 0,035	+ 0,427
9 42	1,200	53,5	1,677	+ 0,037	+ 0,433
10 3	1,225	56,9	1,826	+ 0,042	+ 0,483
10 10	1,244	57,4	1,851	+ 0,043	+ 0,517
10 15	1,249	58,7	1,919	+ 0,045	+ 0,528
10 21	1,255	59,9	1,987	+ 0,046	+ 0,540
10 31	1,264	61,0	2,056	+ 0,048	+ 0,557

T. m. a. G.	D	z	M	c	m_c
1931 Mars 27 L_1. Mesures interrompues par l'arrivée des nuages.					
6h56m	0,8705	22°6	1,083	0m	— 0m301
7 15	0,8795	24,2	1,097	+ 0,005	— 0,274
7 32	0,888	25,9	1,112	+ 0,008	— 0,250
7 52	0,915	28,4	1,137	+ 0,015	— 0,178
8 13	0,935	31,1	1,168	+ 0,020	— 0,126
9 45	0,9605	45,4	1,422	+ 0,043	— 0,044
10 5	0,977	48,6	1,509	+ 0,045	— 0,005
Avril 22 L_2.					
7 17	1,177	50,5	1,569	0	+ 0,354
7 26	1,225	51,7	1,610	+ 0,002	+ 0,443
7 37	1,247	54,0	1,697	+ 0,005	+ 0,479
7 47	1,267	55,6	1,766	+ 0,007	+ 0,521
7 57	1,325	57,4	1,851	+ 0,010	+ 0,621
8 7	1,357	59,3	1,951	+ 0,013	+ 0,676
8 15	1,362	60,6	2,030	+ 0,016	+ 0,687
8 24	1,308	62,0	2,122	+ 0,018	+ 0,601
8 32	1,343	63,4	2,224	+ 0,021	+ 0,661
8 44	1,559	65,4	2,390	+ 0,025	+ 0,989
8 53	1,545	66,8	2,525	+ 0,028	+ 0,973
8 59	1,619	68 0	2,653	+ 0,031	+ 1,077
9 7	1,692	69,4	2,823	+ 0,033	+ 1,175
Avril 23 L_2.					
7 28	0,787	41,3	1,331	0	— 0,519
7 37	0,787	42,9	1,365	+ 0,002	— 0,517
7 43	0,786	44,2	1,395	+ 0,004	— 0,519
7 51	0,776	45,3	1,422	+ 0,005	— 0,545
7 57	0,781	46,5	1,453	+ 0,006	— 0,530
8 5	0,783	47,9	1,491	+ 0,009	— 0,522
8 19	0,801	50,5	1,569	+ 0,013	— 0,465
8 29	0,805	52,1	1,624	+ 0,015	— 0,456
8 36	0,822	53,4	1,673	+ 0,017	— 0,408
8 42	0,826	54,5	1,718	+ 0,018	— 0,397
8 50	0,837	55,8	1,775	+ 0,020	— 0,366
8 57	0,861	57,0	1,831	+ 0,022	— 0,303
9 7	0,876	58,6	1,914	+ 0,024	— 0,263
9 12	0,890	59,6	1,970	+ 0,026	— 0,226
9 19	0,918	60,9	2,050	+ 0,028	— 0,158
9 26	0,925	61,9	2,115	+ 0,029	— 0,140
9 31	0,934	62,8	2,179	+ 0,031	— 0,117
9 36	0,940	63,8	2,255	+ 0,033	— 0,101
9 42	0,955	64,8	2,339	+ 0,035	— 0,064
Avril 25 L_1.					
7 15	0,977	26,0	1,113	0	— 0,050
8 25	1,070	35,5	1,228	+ 0,017	+ 0,164
8 42	1,070	36,5	1,244	+ 0,022	+ 0,169
9 4	1,095	39,5	1,296	+ 0,028	+ 0,225
9 36	1,105	45,1	1,415	+ 0,036	+ 0,252
9 52	1,095	48,0	1,491	+ 0,040	+ 0,236
10 2	1,092	49,7	1,543	+ 0,043	+ 0,233
10 12	1,124	51,5	1,603	+ 0,045	+ 0,298
10h18m	1,145	53°1	1,662	+ 0m047	+ 0m341
10 42	1,156	57,1	1,836	+ 0,052	+ 0,366
10 49	1,107	58,5	1,908	+ 0,054	+ 0,274
11 2	1,147	60,7	2,037	+ 0,057	+ 0,355
11 12	1,174	62,7	2,172	+ 0,059	+ 0,407
1931 Avril 26 L_1. Ciel nuageux. Deux mesures dans une petite éclaircie paraissant pure chaque fois.					
9 42	0,753	40,4	1,313	0	— 0,616
11 45	0,884	62	2,12	+ 0,030	— 0,238
Avril 27 L_1.					
7 56	0,600	31,5	1,173	0	— 1,109
8 5	0,606	31,5	1,173	+ 0,001	— 1,086
8 13	0,600	31,7	1,175	+ 0,003	— 1,106
8 21	0,602	31,9	1,177	+ 0,004	— 1,098
8 27	0,598	32,1	1,180	+ 0,005	— 1,111
8 32	0,5955	32,8	1,183	+ 0,006	— 1,119
9 33	0,599	37,8	1,266	+ 0,014	— 1,099
9 42	0,6005	38,6	1,280	+ 0,015	— 1,092
9 49	0,607	39,5	1,296	+ 0,016	— 1,068
9 57	0,6085	40,5	1,315	+ 0,017	— 1,061
10 22	0,621	43,9	1,388	+ 0,019	— 1,015
10 35	0,625	45,7	1,430	+ 0,021	— 0,999
10 46	0,627	47,5	1,477	+ 0,023	— 0,991
11 1	0,631	49,8	1,547	+ 0,026	— 0,973
11 9	0,636	50,5	1,569	+ 0,026	— 0,956
11 16	0,634	52,1	1,624	+ 0,027	— 0,962
11 23	0,6455	53,5	1,677	+ 0,028	— 0,922
11 29	0,6535	54,6	1,722	+ 0,028	— 0,895
11 37	0,661	55,4	1,755	+ 0,029	— 0,870
11 44	0,6725	57,2	1,841	+ 0,029	— 0,832
11 52	0,674	58,3	1,897	+ 0,030	— 0,826
12 3	0,6785	60,1	1,999	+ 0,030	— 0,812
12 10	0,695	61,2	2,068	+ 0,030	— 0,760
12 20	0,707	62,7	2,172	+ 0,031	— 0,721
Avril 28 L_1.					
9 10	0,4925	38,8	1,283	0	— 1,538
9 21	0,488	39,2	1,291	+ 0,001	— 1,532
10 18	0,5195	43,5	1,378	+ 0,011	— 1,411
10 27	0,515	45,0	1,414	+ 0,012	— 1,429
10 38	0,5205	45,8	1,435	+ 0,014	— 1,404
10 45	0,524	46,3	1,448	+ 0,015	— 1,388
11 41	0,5875	54,1	1,701	+ 0,022	— 1,177
11 48	0,5795	55,3	1,752	+ 0,023	— 1,162
11 54	0,5865	56,0	1,784	+ 0,024	— 1,134
12 20	0,674	60,2	2,005	+ 0,027	— 0,831
Avril 29 L_1.					
7 50	0,486	51,4	1,600	— 0,024	— 1,590
8 7	0,4755	49,9	1,550	— 0,020	— 1,634
8 15	0,473	49,3	1,531	— 0,017	— 1,643
8 23	0,4715	48,7	1,512	— 0,015	— 1,647
8 30	0,4755	48,1	1,494	— 0,013	— 1,628
9 0	0,464	46,7	1,455	— 0,005	— 1,672

T. m a. G.	D	z	M	c	m_c
$9^h\ 2^m$	0,463	46°6	1,453	$-\ 0^m005$	$-\ 1^m677$
9 4	0,4575	46,5	1,450	— 0,004	— 1,702
9 6	0,458	46,4	1,447	— 0,004	— 1,699
9 14	0,465	46,2	1,442	— 0,002	— 1,664
9 26	0,457	45,9	1,434	0	— 1,701
9 55	0,465	46,1	1,440	+ 0,004	— 1,659
10 3	0,465	46,2	1,442	+ 0,005	— 1,658
1931 Mai 20 L_2					
7 50	1,818	66,6	2,504	— 0,008	+ 1,290
8 6	1,933	69,4	2,823	0	+ 1,431
8 14	2,026	70,9	3,033	+ 0,004	+ 1,537
8 20	2,106	71,8	3,174	+ 0,008	+ 1,625
8 26	2,167	72,7	3,331	+ 0,011	+ 1,690
8 32	2,247	73,6	3,506	+ 0,014	+ 1,772
8 43	2,475	75,6	3,967	+ 0,021	+ 1,989
Mai 21 L_2.					
8 10	1,247	61,0	2,056	0	+ 0,479
8 17	1,244	62,5	2,158	+ 0,002	+ 0,476
8 26	1,285	64,0	2,271	+ 0,005	+ 0,549
8 35	1,370	65,6	2,409	+ 0,009	+ 0,692
8 42	1,387	67,1	2,556	+ 0,012	+ 0,722
8 52	1,429	68,6	2,723	+ 0,015	+ 0,790
8 59	1,464	69,6	2,850	+ 0,018	+ 0,845
9 5	1,500	70,8	3,019	+ 0,020	+ 0,900
9 11	1,546	71,8	3,174	+ 0,022	+ 0,968
9 17	1,597	72,8	3,350	+ 0,025	+ 1,041
9 26	1,715	74,2	3,632	+ 0,028	+ 1,199
9 32	1,810	75,2	3,866	+ 0,030	+ 1,318
Mai 22 L_2.					
8 9	0,777	51,8	1,614	0	— 0,548
8 17	0,788	53,1	1,662	+ 0,002	— 0,515
8 26	0,804	54,8	1,731	+ 0,004	— 0,470
8 40	0,817	57,7	1,866	+ 0,008	— 0,430
8 51	0,844	59,5	1,964	+ 0,011	— 0,356
9 0	0,848	61,1	2,063	+ 0,013	— 0,345
9 11	0,854	62,8	2,179	+ 0,017	— 0,325
9 18	0,863	64,2	2,288	+ 0,019	— 0,299
9 26	0,883	65,5	2,399	+ 0,021	— 0,249
9 34	0,916	66,9	2,535	+ 0,024	— 0,173
9 43	0,926	68,4	2,699	+ 0,027	— 0,092
9 52	0,968	70,0	2,903	+ 0,029	— 0,042
10 1	1,013	71,5	3,125	+ 0,032	+ 0,060
Mai 24 L_1.					
8 25	1,109	43,6	1,381	0	+ 0,225
8 35	1,096	45,2	1,417	+ 0,002	+ 0,201
8 42	1,096	46,4	1,447	+ 0,004	+ 0,203
8 54	1,108	48,4	1,503	+ 0,006	+ 0,229
9 6	1,151	50,3	1,563	+ 0,009	+ 0,314
9 13	1,156	51,5	1,603	+ 0,011	+ 0,325
9 16	1,154	51,8	1,613	+ 0,012	+ 0,323
9 23	1,162	53,2	1,666	+ 0,014	+ 0,340
9 30	1,165	54,3	1,710	+ 0,015	+ 0,346

T. m. a. G.	D	z	M	c	m_c
$9^h\ 36^m$	1,199	55°5	1,761	$+\ 0^m017$	$+\ 0^m396$
9 43	1,206	56,8	1,821	+ 0,019	+ 0,425
9 49	1,210	57,6	1,860	+ 0,021	+ 0,435
9 57	1,216	59,0	1,936	+ 0,023	+ 0,448
10 2	1,225	59,9	1,987	+ 0,024	+ 0,465
10 10	1,240	61,3	2,075	+ 0,026	+ 0,493
10 26	1,303	64,2	2,288	+ 0,030	+ 0,600
10 33	1,327	65,5	2,399	+ 0,032	+ 0,646
10 39	1,360	66,5	2,494	+ 0,033	+ 0,701
10 45	1,385	67,6	2,609	+ 0,034	+ 0,741
10 51	1,408	68,7	2,735	+ 0,036	+ 0,780
1931 Mai 25 L_1.					
8 21	0,800	42,1	1,348	0	— 0,484
8 29	0,802	42,9	1,365	+ 0,002	— 0,477
8 33	0,807	43,5	1,378	+ 0,003	— 0,463
8 39	0,814	44,2	1,395	+ 0,004	— 0,443
9 2	0,825	47,2	1,469	+ 0,009	— 0,403
9 8	0,825	48,0	1,491	+ 0,010	— 0,402
9 13	0,829	48,7	1,512	+ 0,011	— 0,396
9 31	0,840	51,5	1,603	+ 0,015	— 0,363
9 38	0,843	52,4	1,635	+ 0,017	— 0,354
9 43	0,846	53,2	1,664	+ 0,018	— 0,345
9 51	0,849	54,45	1,716	+ 0,020	— 0,335
9 57	0,854	55,5	1,761	+ 0,021	— 0,321
10 3	0,865	56,4	1,802	+ 0,023	— 0,291
10 8	0,867	57,3	1,846	+ 0,023	— 0,286
10 12	0,880	58,2	1,892	+ 0,025	— 0,252
10 20	0,892	59,15	1,943	+ 0,026	— 0,222
10 26	0,899	60,2	2,005	+ 0,028	— 0,203
10 45	0,944	63,5	2,232	+ 0,035	— 0,089
10 54	0,9635	65,0	2,355	+ 0,036	— 0,044
11 1	0,988	66,2	2,466	+ 0,037	+ 0,014
11 9	1,001	67,55	2,604	+ 0,039	+ 0,040
11 17	1,035	69,0	2,772	+ 0,042	+ 0,116
Mai 28 L_1.					
8 27	0,514	57,65	1,864	— 0,009	— 1,454
8 37	0,514	57,45	1,853	— 0,008	— 1,456
8 42	0,509	57,3	1,846	— 0,007	— 1,473
8 49	0,507	57,2	1,841	— 0,006	— 1,481
9 29	0,504	57,3	1,846	0	— 1,488
9 36	0,504	57,45	1,853	+ 0,001	— 1,487
9 41	0,501	57,65	1,864	+ 0,002	— 1,499
9 49	0,5015	57,85	1,872	+ 0,004	— 1,494
10 20	0,510	59,4	1,959	+ 0,009	— 1,453
10 26	0,513	59,8	1,981	+ 0,009	— 1,440
10 32	0,516	60,25	2,008	+ 0,010	— 1,427
10 48	0,522	61,5	2,088	+ 0,012	— 1,399
10 54	0,5235	61,95	2,119	+ 0,013	— 1,392
11 10	0,5395	63,4	2,224	+ 0,014	— 1,326
11 16	0,543	64,1	2,279	+ 0,015	— 1,311
11 26	0,549	65,05	2,359	+ 0,016	— 1,286
11 35	0,555	66,05	2,450	+ 0,017	— 1,261
11 42	0,5605	66,7	2,514	+ 0,018	— 1,239
11 52	0,577	68,05	2,659	+ 0,019	— 1,175

T. m. a. G.	D	z	M	c	m_c
$11^h 59^m$	0,588	68°95	2,766	+ 0^m020	— 1^m133
12 6	0,596	69,8	2,876	+ 0,020	— 1,104
12 18	0,622	71,3	3,094	+ 0,021	— 1,009
12 26	0,645	72,85	3,358	+ 0,022	— 0,930
12 35	0,666	73 65	3,516	+ 0,023	— 0,859
1931 Mai 29 L_1.					
8 27	0,4705	66,35	2,479	— 0,022	— 1,659
8 33	0,468	65,95	2,441	— 0,021	— 1,670
8 38	0,465	65,65	2,413	— 0,019	— 1,682
8 44	0,461	65,25	2,376	— 0,017	— 1,698
8 49	0,4585	64,75	2,333	— 0,016	— 1,709
8 59	0,456	64,45	2,308	— 0,014	— 1,719
9 15	0,4505	63,8	2,255	— 0,011	— 1,743
9 21	0,448	63,65	2,244	— 0,010	— 1,753
9 26	0,446	63,5	2,232	— 0,009	— 1,762
9 45	0,4465	63,15	2,205	— 0,006	— 1,756
9 50	0,4465	63,1	2,202	— 0,005	— 1,755
10 16	0,444	63,15	2,205	0	— 1,763
10 21	0,445	63,25	2,213	+ 0,001	— 1,757
10 36	0,4445	63,6	2,240	+ 0,004	— 1,756
11 4	0,4565	64,8	2,338	+ 0,008	— 1,692
11 11	0,460	65,05	2,358	+ 0,010	— 1,676
11 17	0,4645	65,35	2,385	+ 0,010	— 1,655
11 28	0,471	66,1	2,456	+ 0,011	— 1,624
11 34	0,476	66,5	2,494	+ 0,012	— 1,600
11 40	0,4815	66,95	2,540	+ 0,013	— 1,574
11 49	0,4905	67,7	2,620	+ 0,013	— 1,534
11 55	0,500	68,25	2,681	+ 0,014	— 1,491
12 3	0,5065	68,85	2,753	+ 0,015	— 1,462
12 11	0,516	69,65	2,856	+ 0,016	— 1,421
12 20	0,527	70,4	2,960	+ 0,017	— 1,374
12 26	0,5385	71,05	3,056	+ 0,017	— 1,327
12 31	0,545	71,6	3,142	+ 0,018	— 1,300
Août 2 L_1. Soirée nuageuse au début, pendant les mesures nuages à l'Ouest, mais ciel clair du côté de la Lune.					
10 50	0,891	70,4	2,960	+ 0,013	— 0,237
11 0	0,8305	68,5	2,710	+ 0,013	— 0,390
11 11	0,777	66,6	2,504	+ 0,012	— 0,536
11 21	0,766	64,95	2,349	+ 0,011	— 0,568
11 29	0,757	62,95	2,190	+ 0,011	— 0,593
11 45	0,772	61,25	2,071	+ 0,009	— 0,553
12 11	0,727	57,45	1,853	+ 0,007	— 0,685
12 20	0,730	56,15	1,791	+ 0,006	— 0,677
12 30	0,709	54,55	1,720	+ 0,005	— 0,741
12 40	0,6875	53,55	1,679	+ 0,005	— 0,809
13 7	0,680	50,4	1,566	+ 0,002	— 0,835
13 16	0,668	49,5	1,537	+ 0,002	— 0,874
13 34	0,667	47,7	1,483	0	— 0,879
13 44	0,673	46,9	1,460	— 0,001	— 0,861
Août 3 L_1. Ciel très pur à la nuit tombante et toute la nuit. Nuit fraîche, rosée.					
10 50	1,065	72,8	3,351	+ 0,020	+ 0,156

T. m. a. G.	D	z	M	c	m_c
$11^h 2^m$	1,016	70°45	2,960	+ 0^m020	+ 0^m064
11 18	0,9545	67,9	2,642	+ 0,018	— 0,083
11 52	0,860	61,95	2,119	+ 0,014	— 0,313
12 00	0,849	60,5	2,024	+ 0,014	— 0,341
12 8	0,834	59,3	1,952	+ 0,014	— 0,380
12 22	0,819	57,0	1,831	+ 0,012	— 0,422
12 39	0,8035	54 35	1,712	+ 0,011	— 0,464
13 0	0,7845	51,75	1,611	+ 0,009	— 0,518
13 14	0,781	49,35	1,532	+ 0,008	— 0,528
13 55	0,7595	44,1	1,392	+ 0,004	— 0,593
14 5	0,753	43,1	1,369	+ 0,003	— 0,612
14 15	0,752	42,05	1,347	+ 0,001	— 0,617
14 24	0,7515	41,3	1,331	0	— 0,620
1931 Août 4 L_1. Soirée nuageuse, les mesures ont commencé sur la Lune au moment où elle se dégageait des nuages. Ensuite ciel brumeux, sans nuages apparents, nuit tiède sans rosée.					
12 17	1,284	60,3	2,012	+ 0,023	+ 0,566
12 29	1,245	58,35	1,900	+ 0,021	+ 0,497
12 36	1,2625	56,7	1,817	+ 0,021	+ 0,527
12 45	1,2005	55,3	1,752	+ 0,020	+ 0,416
12 54	1,1705	54,0	1,697	+ 0,019	+ 0,360
13 2	1,143	52,85	1,652	+ 0,017	+ 0,307
13 10	1,125	51,4	1,600	+ 0,016	+ 0,271
13 18	1,101	50,0	1,553	+ 0,015	+ 0,224
13 55	1,023	44,4	1,400	+ 0,011	+ 0,060
14 2	1,0115	43,3	1,374	+ 0,010	+ 0,034
14 10	1,009	41,45	1,334	+ 0,009	+ 0,028
15 1	0,963	37,25	1,256	+ 0,002	— 0,079
15 9	0,9665	36,9	1,250	0	— 0,035
Août 5 L_1. Ciel paraît légèrement brumeux. Nuit tiède avec rosée abondante. Nuages font leur apparition vers 14^h50. Avant-dernière mesure paraît bonne.					
11 35	1,7945	71,95	3,199	+ 0,028	+ 1,298
11 44	1,667	70,3	2,945	+ 0,027	+ 1,137
11 51	1,589	68,6	2,722	+ 0,026	+ 1,031
12 1	1,536	67,35	2,582	+ 0,024	+ 0,956
12 11	1,497	65,9	2,436	+ 0,022	+ 0,898
12 21	1,400	64,0	2,271	+ 0,021	+ 0,772
12 33	1,334	61,5	2,088	+ 0,020	+ 0,645
12 39	1,324	60,3	2,012	+ 0,018	+ 0,628
12 48	1,3295	58,7	1,920	+ 0,017	+ 0,635
13 1	1,270	56,6	1,812	+ 0,016	+ 0,535
13 10	1,262	55,0	1,739	+ 0,014	+ 0,519
13 18	1,247	53,65	1,683	+ 0,013	+ 0,492
13 24	1,248	52,55	1,641	+ 0,013	+ 0,494
13 33	1,2575	50,95	1,584	+ 0,012	+ 0,513
14 50	1,1825	38,3	1,274	0	+ 0,363
14 55	1,197	37,3	1,257	0	+ 0,391
Août 6 L_2. Ciel très brumeux, devient de moins en moins brumeux, à la fin peu brumeux à l'horizon. L'absorption a sûrement varié au cours de la soirée.					
12 51	0,970	63,1	2,202	+ 0,016	— 0,050

T. m. a. G.	D	z	M	c	mc
13h 1m	0,927	61°35	2,078	+ 0m014	— 0m150
13 10	0,852	59,7	1,975	+ 0,013	— 0,334
13 20	0,7925	57,15	1,838	+ 0,012	— 0,494
13 46	0,704	53,05	1,660	+ 0,008	— 0,754
13 55	0,672	51,55	1,604	+ 0,007	— 0,856
14 5	0,645	50,0	1,553	+ 0,005	— 0,947
14 13	0,638	48,4	1,503	+ 0,004	— 0,972
14 22	0,616	46,9	1,460	+ 0,004	— 1,048
14 33	0,5995	44,85	1,407	+ 0,003	— 1,110
14 50	0,5815	41,9	1,344	0	— 1,177
»	1,448(L_1)	»	»	0	+ 0,804
15 4	1,413	39,75	1,300	— 0,002	+ 0,749
15 11	1,408	38,4	1,276	— 0,004	+ 0,739

1931 Août 7 Lampe L_2. Ciel très pur, la plus belle soirée de la lunaison.

13 5	0,719	66,75	2,519	+ 0,021	— 0,695
13 14	0,6975	65,3	2,381	+ 0,019	— 0,763
13 21	0,6875	63,8	2,255	+ 0,018	— 0,795
13 30	0,6645	62,35	2,147	+ 0,017	— 0,870
13 47	0,647	59,3	1,953	+ 0,013	— 0,932
13 55	0,6445	57,85	1,873	+ 0,012	— 0,942
14 5	0,6355	56,25	1,795	+ 0,011	— 0,973
14 12	0,630	54,75	1,728	+ 0,010	— 0,993
14 26	0,615	52,25	1,629	+ 0,007	— 1,048
14 39	0,607	49,8	1,547	+ 0,005	— 1,079
14 51	0,612	47,7	1,486	+ 0,004	— 1,062
15 5	0,5925	45,4	1,424	+ 0,001	— 1,135
15 12	0,5945	44,2	1,395	0	— 1,129

Août 9 L_2. Ciel pur pendant la soirée, quelques cirrus légers au début des observations. A la fin le ciel paraît très pur.

13 33	1,573	77,7	4,610	+ 0,034	+ 1,018
13 46	1,491	75,75	4,009	+ 0,030	+ 0,897
13 58	1,352	74,0	3,588	+ 0,025	+ 0,680
14 13	1,212	71,55	3,134	+ 0,021	+ 0,438
14 25	1,218	70,0	2,903	+ 0,016	+ 0,444
14 36	1,116	67,7	2,620	+ 0,013	+ 0,251
14 43	1,142	66,5	2,494	+ 0,010	+ 0,298
14 54	1,122	64,7	2,329	+ 0,007	+ 0,257
15 4	1,1315	62,9	2,187	+ 0,004	+ 0,271
15 15	1,081	61,05	2,059	0	+ 0,169

Août 10 L_2. Ciel très pur.

14 30	2,153	78,6	4,949	+ 0,033	+ 1,698
14 38	2,203	77,15	4,421	+ 0,029	+ 1,744
14 48	2,028	75,85	4,035	+ 0,022	+ 1,557
14 50	1,990	74,85	3,780	+ 0,021	+ 1,515
15 3	1,924	73,6	3,505	+ 0,013	+ 1,434
15 10	2,048	72,35	3,267	+ 0,009	+ 1,565
15 18	1,743	71,05	3,056	+ 0,004	+ 1,210
15 24	1,733	70,1	2,917	0	+ 1,194

T. m. a. G.	D	z	M	c	mc
1931 Août 29 L_1. Ciel nuageux au début ; 2 mesures dans des éclaircies ; ensuite ciel pur légèrement brumeux. — Mesures continuées après le méridien pour déterminer l'absorption.					
8h 56m	0,668	70°95	3,040	+ 0m017	— 0m859
10 35	0,5115	56,25	1,795	+ 0,012	— 1,444
11 43	0,4755	49,15	1,526	+ 0,003	— 1,611
11 52	0,473	48,5	1,506	+ 0,002	— 1,624
12 0	0,474	47,9	1,488	+ 0,001	— 1,620
12 14	0,4725	47,15	1,467	0	— 1,628
12 38	0,489	46,2	1,442	— 0,003	— 1,556
12 45	0,493	46,0	1,438	— 0,004	— 1,540
15 26	0,547	55,65	1,768	— 0,032	— 1,342
15 33	0,5445	56,7	1,817	— 0,034	— 1,354
15 40	0,554	57,65	1,864	— 0,036	— 1,318
15 47	0,5675	58,65	1,916	— 0,038	— 1,268
15 55	0,5785	59,75	1,978	— 0,039	— 1,227
Août 30 L_1. Ciel légèrement brumeux, pour cette raison on a attendu que la Lune soit haute sur l'horizon.					
9 55	0,648	62,6	2,164	+ 0,014	— 0,928
10 6	0,624	61,15	2,067	+ 0,013	— 1,011
10 21	0,6025	59,0	1,936	+ 0,011	— 1,089
10 30	0,5995	57,6	1,861	+ 0,011	— 1,100
11 21	0,556	50,15	1,558	+ 0,005	— 1,270
11 30	0,542	49,0	1,521	+ 0,005	— 1,325
11 39	0,5345	47,95	1,488	+ 0,003	— 1,357
11 58	0,514	45,65	1,429	+ 0,001	— 1,444
12 10	0,513	44,4	1,400	0	— 1,449
Août 31 L_1. Ciel pur par mistral.					
9 37	0,710	68,85	2,753	+ 0,017	— 0,727
9 45	0,678	67,5	2,598	+ 0,017	— 0,827
9 51	0,664	66,3	2,475	+ 0,017	— 0,872
10 7	0,657	63,6	2,239	+ 0,015	— 0,897
10 14	0,625	62,6	2,164	+ 0,014	— 1,007
10 21	0,640	61,3	2,075	+ 0,014	— 0,955
10 42	0,6065	56,45	1,805	+ 0,012	— 1,074
10 50	0,597	56,2	1,793	+ 0,012	— 1,108
11 9	0,5885	53,2	1,666	+ 0,011	— 1,140
11 15	0,5835	52,15	1,626	+ 0,011	— 1,159
11 22	0,583	51,15	1,591	+ 0,009	— 1,163
11 34	0,578	48,8	1,515	+ 0,008	— 1,182
12 3	0,5675	44,95	1,413	+ 0,007	— 1,223
12 11	0,564	44,0	1,390	+ 0,006	— 1,237
12 18	0,5665	43,05	1,368	+ 0,006	— 1,228
13 1	0,5595	38,1	1,271	+ 0,002	— 1,259
13 8	0,5605	37,5	1,260	+ 0,001	— 1,256
13 15	0,5605	37,0	1,252	0	— 1,257
Septembre 1 L_1. Ciel pur, mistral ; à la fin mistral tombe et premiers nuages apparaissent.					
9 25	1,115	75,15	3,851	+ 0,023	+ 0,259
9 34	1,0435	73,35	3,455	+ 0,022	+ 0,113
9 40	0,997	72,15	3,232	+ 0,022	+ 0,016

T. m. a. G.	D	z	M	c	mc
9^h47^m	0,963	70°85	3,025	+ 0m021	— 0m061
9 54	0,9385	69,75	2,869	+ 0,020	— 0,118
10 16	0,863	66,15	2,460	+ 0,018	— 0,302
10 50	0,7935	59,6	1,970	+ 0,017	— 0,485
10 57	0,7745	58,4	1,903	+ 0,015	— 0,538
11 4	0,7645	57,25	1,843	+ 0,015	— 0,568
11 11	0,7565	56,1	1,789	+ 0,014	— 0,592
11 19	0,734	54,7	1,726	+ 0,013	— 0,658
11 26	0,7325	53,55	1,679	+ 0,013	— 0,663
11 40	0,714	50,95	1,584	+ 0,012	— 0,719
11 46	0,7175	49,85	1,548	+ 0,012	— 0,709
12 28	0,710	43,2	1,372	+ 0,008	— 0,736
12 38	0,7065	41,55	1,336	+ 0,008	— 0,747
12 44	0,706	40,5	1,315	+ 0,008	— 0,748
13 32	0,675	34,25	1,210	+ 0,002	— 0,851
13 40	0,673	33,4	1,198	+ 0,001	— 0,859
13 46	0,667	32,7	1,188	0	— 0,880

1931 Septembre 4 L_1. Ciel nuageux au début, à 14 heures le ciel se nettoie rapidement sous l'influence du mistral. La première mesure est faite dans une éclaircie pure. Ensuite ciel très pur.

14 8	1,0995	41,7	1,340	+ 0,010	+ 0,215
14 27	1,0605	38,15	1,272	+ 0,007	+ 0,133
14 35	1,0695	36,75	1,248	+ 0,006	+ 0,151
14 43	1,050	35,25	1,225	+ 0,005	+ 0,111
14 54	1,042	33,4	1,198	+ 0,004	+ 0,093
15 5	1,0375	32,15	1,181	+ 0,003	+ 0,082
15 15	1,024	30,25	1,158	+ 0,002	+ 0,053
15 21	1,024	29,1	1,144	+ 0,001	+ 0,052
15 35	1,006	26,9	1,121	0	+ 0,015
15 45	1,003	25,65	1,109	0	+ 0,006

Septembre 5 L_1. Ciel très pur, mistral très fort.

12 6	1,603	70,6	2,988	+ 0,026	+ 1,051
12 13	1,566	69,2	2,797	+ 0,025	+ 0,999
12 21	1,517	68,5	2,711	+ 0,023	+ 0,928
12 27	1,499	66,7	2,514	+ 0,022	+ 0,901
12 43	1,449	64,05	2,275	+ 0,019	+ 0,824
13 1	1,4105	61,2	2,069	+ 0,016	+ 0,762
13 13	1,385	59,0	1,936	+ 0,014	+ 0,721
13 24	1,344	56,65	1,814	+ 0,012	+ 0,654
13 36	1,321	54,9	1,735	+ 0,010	+ 0,614
13 45	1,3075	53,35	1,671	+ 0,010	+ 0,591
14 5	1,2925	50,6	1,572	+ 0,006	+ 0,562
14 8	1,289	49,3	1,531	+ 0,005	+ 0,556
14 35	1,271	44,3	1,397	+ 0,002	+ 0,523
14 42	1,272	43,6	1,381	0	+ 0,522
14 48	1,263	41,95	1,345	0	+ 0,507

Septembre 6 L_2. L_1 après la 2e mesure.

14 31	0,644	55,6	1,766	+ 0,024	— 0,931
14 40	0,6475	54,8	1,731	+ 0,022	— 0,922
»	,698(L_1)	»	»	»	+ 1,172
14 52	1,609	51,65	1,607	+ 0,018	+ 1,051
15 0	1,6085	50,45	1,567	+ 0,017	+ 1,048
15^h13^m	1,596	48°1	1,494	+ 0m013	+ 1m028
15 21	1,597	46,75	1,457	+ 0,011	+ 1,027
15 29	1,593	45,45	1,426	+ 0,008	+ 1,019
15 45	1,549	42,35	1,353	+ 0,005	+ 0,955
15 53	1,558	40,85	1,322	+ 0,002	+ 0,965
16 2	1,557	39,4	1,294	0	+ 0,961

1931 Septembre 9 L_2. Ciel très pur.

15 55	2,79	77,6	4,572	+ 0,013	+ 2,241
16 7	2,62	75,6	3,966	+ 0,005	+ 2,096
16 16	2,61	74,0	3,588	0	+ 2,083

Septembre 29 L_1. Ciel pur.

9 46	0,6535	53,6	1,681	+ 0,018	— 0,906
9 53	0,6465	52,35	1,633	+ 0,017	— 0,930
10 0	0,627	51,45	1,603	+ 0,016	— 0,998
10 5	0,6205	50,7	1,576	+ 0,015	— 1,021
10 11	0,6175	49,8	1,547	+ 0,015	— 1,032
10 24	0,614	47,85	1,483	+ 0,013	— 1,046
10 29	0,613	47,15	1,467	+ 0,012	— 1,051
11 36	0,590	38,6	1,280	+ 0,005	— 1,141
11 42	0,583	37,95	1,268	+ 0,005	— 1,167
11 48	0,582	37,3	1,257	+ 0,004	— 1,171
11 54	0,5835	36,6	1,246	+ 0,003	— 1,167
12 12	0,5875	34,6	1,215	+ 0,001	— 1,154
12 15	0,579	34,3	1,210	+ 0,001	— 1,186
12 21	0,5765	33,7	1,202	0	— 1,196

Octobre 1 L_1. Ciel pur.

10 15	1,065	58,0	1,881	+ 0,012	+ 0,149
10 25	1,071	56,4	1,802	+ 0,011	+ 0,160
11 0	0,958	50,8	1,579	+ 0,005	— 0,088
11 7	0,9675	49,85	1,548	+ 0,005	— 0,067
11 13	0,9215	48,8	1,513	+ 0,005	— 0,172
11 19	0,9135	47,85	1,487	+ 0,004	— 0,192
11 35	0,916	45,3	1,420	+ 0,002	— 0,188
11 46	0,8975	43,6	1,381	0	— 0,235
11 54	0,8995	42,4	1,354	0	— 0,235

Octobre 4 L_1. Nuit très pure. Mesures interrompues par brouillard léger.

12 23	1,541	62,1	2,129	+ 0,009	+ 0,944
12 41	1,498	59,3	1,953	+ 0,005	+ 0,882
12 49	1,468	58,1	1,886	+ 0,004	+ 0,838
12 58	1,426	56,7	1,817	+ 0,002	+ 0,773
13 5	1,426	55,45	1,759	+ 0,001	+ 0,772
13 12	1,4085	54,4	1,714	0	+ 0,744

Octobre 5 L_2. Nuit pure.

12 58	0,881	67,3	2,576	+ 0,025	— 0,250
13 13	0,8275	65,05	2,358	+ 0,022	— 0,389
13 35	0,752	61,0	2,056	+ 0,018	— 0,601
13 45	0,749	59,85	1,984	+ 0,016	— 0,611
13 55	0,7275	58,2	1,892	+ 0,014	— 0,677
14 20	0,705	54,35	1,712	+ 0,010	— 0,749
14 27	0,7015	53,2	1,664	+ 0,008	— 0,762

T. m. a. G.	D	z	M	c	m_c
14^h36^m	0,708	51°85	1,615	+ 0^m006	− 0^m744
14 44	0,698	50,75	1,577	+ 0,004	− 0,777
14 54	0,667	49,0	1,521	+ 0,003	− 0,876
15 4	0,654	47,5	1,477	+ 0,002	− 0,920
15 13	0,648	46,0	1,437	0	− 0,942
1931 Octobre 30 L_1. Ciel pur.					
9 6	0,757	64,5	2,312	+ 0,011	− 0,593
9 12	0,7395	63,6	2,240	+ 0,011	− 0,644
9 17	0,7285	62,7	2,172	+ 0,010	− 0,678
9 25	0,714	61,45	2,085	+ 0,009	− 0,722
9 33	0,710	60,3	2,012	+ 0,009	− 0,735
9 39	0,700	59,5	1,964	+ 0,008	− 0,767
9 44	0,6955	58,55	1,911	+ 0,007	− 0,781
9 52	0,6775	57,45	1,853	+ 0,007	− 0,838
9 58	0,664	56,45	1,805	+ 0,006	− 0,883
10 5	0,656	55,2	1,747	+ 0,005	− 0,910
10 13	0,6565	54,05	1,699	+ 0,005	− 0,909
10 18	0,656	53,05	1,660	+ 0,004	− 0,911
10 25	0,657	52,0	1,620	+ 0,004	− 0,908
10 34	0,6515	50,6	1,572	+ 0,003	− 0,927
11 4	0,6245	45,8	1,433	0	− 1,022
11 9	0,627	44,85	1,408	0	− 1,014
11 14	0,6255	44,15	1,394	− 0,001	− 1,020
11 19	0,6245	43,3	1,374	− 0,001	− 1,023
11 30	0,6295	41,55	1,336	− 0,002	− 1,007
11 36	0,625	40,65	1,318	− 0,002	− 1,023
Novembre 1 L_1. Ciel pur.					
11 8	1,1195	64,55	2,316	+ 0,011	+ 0,255
11 16	1,089	63,3	2,217	+ 0,011	+ 0,196
11 28	1,066	61,45	2,085	+ 0,010	+ 0,149
11 34	1,038	60,55	2,027	+ 0,009	+ 0,090
11 45	1,026	58,9	1,930	+ 0,008	+ 0,064
11 50	1,019	57,9	1,876	+ 0,007	+ 0,048
11 56	1,021	57,05	1,833	+ 0,006	+ 0,051
12 11	1,004	54,65	1,724	+ 0,004	+ 0,013
12 19	0,9825	53,3	1,669	+ 0,002	− 0,036
12 38	0,9595	50,35	1,564	0	− 0,090
12 45	0,954	49,35	1,532	− 0,001	− 0,105
Novembre 2 L_1. Ciel pur.					
12 17	1,509	64,85	2,342	+ 0,014	+ 0,907
12 24	1,4645	63,8	2,255	+ 0,013	+ 0,841
12 30	1,473	62,8	2,179	+ 0,012	+ 0,853
12 37	1,427	61,7	2,102	+ 0,011	+ 0,783
12 47	1,399	60,2	2,005	+ 0,009	+ 0,738
12 54	1,359	59,0	1,936	+ 0,008	+ 0,674
13 5	1,317	57,95	1,878	+ 0,006	+ 0,604
13 8	1,268	56,9	1,826	+ 0,006	+ 0,522
13 15	1,255	55,75	1,772	+ 0,005	+ 0,498
13 23	1,222	54,35	1,712	+ 0,004	+ 0,439
13 30	1,2135	53,4	1,673	+ 0,002	+ 0,422
13 36	1,1935	52,45	1,637	+ 0,002	+ 0,386
13 42	1,1855	51,5	1,603	0	+ 0,369
13 48	1,1985	50,55	1,571	− 0,002	+ 0,391

T. m. a. G.	D	z	M	c	m_c
1931 Novembre 3 L_1. Ciel très pur, un léger voile passager interrompt une série de pointés à 14^h12^m.					
13^h42^m	1,490	63°2	2,209	+ 0^m024	+ 0^m890
13 52	1,421	61,45	2,085	+ 0,022	+ 0,785
14 3	1,4075	60,0	1,993	+ 0,019	+ 0,760
14 24	1,3835	56,8	1,821	+ 0,015	+ 0,719
14 34	1,3635	55,05	1,741	+ 0,014	+ 0,687
14 45	1,335	53,45	1,675	+ 0,012	+ 0,639
14 55	1,315	51,85	1,615	+ 0,010	+ 0,605
15 17	1,316	48,55	1,507	+ 0,005	+ 0,691
15 30	1,2935	46,85	1,460	+ 0,003	+ 0,561
15 40	1,300	45,4	1,422	+ 0,002	+ 0,572
15 49	1,273	44,2	1,395	0	+ 0,524
Novembre 4 L_1. Ciel très pur, sauf un léger voile à 15^h44^m qui a interrompu une série de pointés. Nuages visibles à l'aurore. A 17^h16^m un léger voile couvre la Lune.					
15 20	1,871	60,5	2,024	+ 0,032	+ 1,392
15 32	1,872	58,7	1,919	+ 0,028	+ 1,389
16 0	1,7915	54,6	1,722	+ 0,020	+ 1,285
16 9	1,7795	53,35	1,671	+ 0,018	+ 1,269
16 19	1,7495	51,95	1,618	+ 0,015	+ 1,229
16 30	1,7165	50,5	1,569	+ 0,012	+ 1,185
16 40	1,727	49,25	1,529	+ 0,009	+ 1,195
16 59	1,6975	46,9	1,460	+ 0,004	+ 1,153
17 10	1,700	45,7	1,430	0	+ 1,152
Novembre 30 L_1. Ciel très pur.					
11 7	1,1825	67,05	2,550	+ 0,012	+ 0,375
11 16	1,1255	65,65	2,413	+ 0,011	+ 0,268
11 22	1,1085	64,75	2,333	+ 0,011	+ 0,235
11 27	1,093	63,9	2,263	+ 0,010	+ 0,203
11 34	1,070	62,8	2,179	+ 0,009	+ 0,156
11 41	1,061	61,8	2,108	+ 0,008	+ 0,137
11 46	1,055	60,9	2,050	+ 0,007	+ 0,123
12 25	0,979	54,75	1,727	+ 0,003	− 0,042
12 31	0,971	53,8	1,689	+ 0,003	− 0,062
12 37	0,969	52,85	1,651	+ 0,002	− 0,068
12 45	0,957	51,8	1,613	+ 0,001	− 0,094
12 50	0,9495	51,05	1,588	0	− 0,112
12 59	0,946	49,8	1,547	0	− 0,120
Décembre 15 L_1. Ciel clair, légers nuages au Nord.					
6 28	1,525	58,0	1,881	0	+ 0,916
6 40	1,545	58,75	1,922	+ 0,002	+ 0,947
6 46	1,569	59,35	1,956	+ 0,003	+ 0,981
6 50	1,6555	60 25	2,008	+ 0,004	+ 1,098
7 2	1,687	60,85	2,046	+ 0,005	+ 1,141
7 8	1,689	61,65	2,098	+ 0,006	+ 1,144
7 14	1,685	62,3	2,144	+ 0,006	+ 1,139
7 31	1,758	64,2	2,288	+ 0,009	+ 1,234
7 37	1,830	64,95	2,351	+ 0,010	+ 1,322
7 46	1,792	66,1	2,456	+ 0,011	+ 1,278

T. m. a. G.	D	z	M	c	mc
1931 Décembre 16 L_1. Ciel très pur.					
5h43m	1,258	48°0	1,491	— 0m003	+ 0m495
5 52	1,235	48,1	1,494	— 0,001	+ 0,457
5 57	1,2345	48,2	1,497	0	+ 0,457
6 1	1,2325	48,3	1,500	+ 0,001	+ 0,454
6 6	1,232	48,45	1,505	+ 0,002	+ 0,455
7 6	1,261	51,95	1,618	+ 0,014	+ 0,500
7 12	1,2605	52,5	1,639	+ 0,015	+ 0,517
7 17	1,265	53,0	1,658	+ 0,015	+ 0,525
8 12	1,345	59,0	1,936	+ 0,025	+ 0,672
8 18	1,379	59,85	1,984	+ 0,026	+ 0,724
8 24	1,3965	60,65	2,034	+ 0,027	+ 0,751
8 33	1,4105	61,85	2,112	+ 0,028	+ 0,774
8 39	1,417	62,7	2,172	+ 0,030	+ 0,787
8 46	1,459	63,7	2,247	+ 0,031	+ 0,851
8 53	1,4835	64,8	2,338	+ 0,032	+ 0,888
9 0	1,490	65,6	2,409	+ 0,032	+ 0,898
9 5	1,5345	66,5	2,494	+ 0,033	+ 0,962
9 12	1,5405	67,5	2,598	+ 0,034	+ 0,972
9 20	1,555	68,7	2,735	+ 0,034	+ 0,993
9 27	1,579	69,85	2,883	+ 0,035	+ 1,027
Décembre 17 L_1. Ciel nuageux ; belle éclaircie, pure surtout à la fin.					
6 55	1,187	43,25	1,373	— 0,005	+ 0,367
7 2	1,120	43,7	1,383	— 0,003	+ 0,243
7 7	1,099	44,05	1,391	— 0,002	+ 0,203
7 13	1,090	44,35	1,398	0	+ 0,187
Décembre 19 L_1. Ciel clair ; légers nuages à l'Ouest.					
7 52	0,7675	31,0	1,167	— 0,001	— 0,576
7 58	0,752	31,2	1,169	0	— 0,619
8 2	0,7445	31,4	1,173	0	— 0,641
8 7	0,7455	31,65	1,175	+ 0,001	— 0,637
8 11	0,752	31,9	1,178	+ 0,001	— 0,618
8 47	0,7545	34,7	1,216	+ 0,005	— 0,607
8 52	0,765	35,2	1,224	+ 0,005	— 0,577
8 57	0,759	35,7	1,231	+ 0,005	— 0,594
9 1	0,7595	36,2	1,239	+ 0,006	— 0,591
9 50	0,747	42,5	1,356	+ 0,010	— 0,623
9 56	0,747	43,55	1,379	+ 0,010	— 0,623
10 2	0,758	44,4	1,400	+ 0,010	— 0,592
10 8	0,7675	45,3	1,420	+ 0,010	— 0,565
10 34	0,790	49,4	1,534	+ 0,012	— 0,510
10 40	0,7835	50,35	1,564	+ 0,012	— 0,518
10 45	0,787	51,15	1,591	+ 0,013	— 0,507
10 54	0,774	52,65	1,645	+ 0,013	— 0,543
11 0	0,7855	53,7	1,685	+ 0,013	— 0,511
11 7	0,774	54,75	1,728	+ 0,014	— 0,542
11 14	0,7785	55,5	1,761	+ 0,014	— 0,530
11 21	0,783	57,35	1,848	+ 0,014	— 0,517
11 28	0,7975	58,45	1,905	+ 0,015	— 0,476
11 35	0,815	59,6	1,969	+ 0,015	— 0,429
11 47	0,825	61,65	2,098	+ 0,016	— 0,402
11 53	0,840	62,85	2,183	+ 0,017	— 0,362
12 2	0,8825	65,35	2,386	+ 0,018	— 0,253
12h15m	0,9105	66°65	2,509	+ 0m018	— 0m185
12 21	0,948	67,8	2,631	+ 0,019	— 0,097
12 28	0,963	68,85	2,753	+ 0,019	— 0,063
12 33	0,981	69,80	2,876	+ 0,020	— 0,022
1931 Décembre 22 L_3. Ciel pur ; nuages au Nord.					
4 52	0,9915	60,85	2,046	— 0,074	— 0,092
4 57	0,982	59,9	1,987	— 0,072	— 0,111
5 2	0,9675	59,0	1,936	— 0,070	— 0,142
5 7	0,965	58,1	1,886	— 0,069	— 0,147
5 12	0,959	57,2	1,841	— 0,067	— 0,158
5 18	0,9565	56,25	1,795	— 0,066	— 0,166
5 24	0,943	55,15	1,745	— 0,064	— 0,191
5 29	0,9385	54,30	1,710	— 0,062	— 0,200
5 34	0,936	53,35	1,671	— 0,060	— 0,204
5 40	0,9315	52,4	1,635	— 0,059	— 0,213
5 46	0,918	51,6	1,607	— 0,057	— 0,243
5 50	0,915	50,45	1,567	— 0,056	— 0,249
5 57	0,903	49,35	1,532	— 0,053	— 0,274
6 15	0,894	46,0	1,440	— 0,049	— 0,292
6 20	0,894	45,05	1,415	— 0,048	— 0,291
6 26	0,8785	44,05	1,391	— 0,046	— 0,327
6 31	0,880	43,1	1,369	— 0,045	— 0,323
6 57	0,870	38,65	1,281	— 0,038	— 0,340
7 6	0,867	36,1	1,238	— 0,034	— 0,344
7 14	0,864	35,65	1,231	— 0,031	— 0,348
7 56	0,8395	28,7	1,140	— 0,023	— 0,403
8 2	0,832	27,4	1,126	— 0,022	— 0,421
8 8	0,825	26,9	1,121	— 0,021	— 0,439
8 13	0,8275	26,2	1,115	— 0,020	— 0,431
9 58	0,815	17,7	1,050	— 0,001	— 0,445
10 4	0,8075	17,7	1,050	0	— 0,464
10 12	0,8105	17,9	1,051	+ 0,001	— 0,455
10 19	0,810	18,4	1,054	+ 0,002	— 0,455
11 9	0,817	23,2	1,088	+ 0,010	— 0,429
11 15	0,815	24,3	1,097	+ 0,011	— 0,433
12 45	0,860	38,65	1,281	+ 0,023	— 0,304
12 57	0,8665	41,05	1,327	+ 0,023	— 0,288
Décembre 23 L_3. Ciel pur ; légers cirrus au début.					
5 15	0,992	64,8	2,337	— 0,080	— 0,097
5 21	0,962	63,75	2,251	— 0,078	— 0,162
5 26	0,950	62,7	2,172	— 0,077	— 0,188
5 33	0,922	61,7	2,102	— 0,075	— 0,251
5 38	0,9065	60,7	2,037	— 0,073	— 0,286
5 44	0,8875	59,7	1,975	— 0,071	— 0,330
5 50	0,869	58,8	1,925	— 0,069	— 0,374
5 56	0,8495	57,8	1,871	— 0,067	— 0,421
6 1	0,837	56,7	1,817	— 0,065	— 0,477
6 7	0,8225	55,75	1,772	— 0,063	— 0,487
6 12	0,8195	54,7	1,726	— 0,062	— 0,494
6 18	0,812	53,65	1,683	— 0,061	— 0,513
6 23	0,802	52,75	1,648	— 0,059	— 0,538
6 35	0,7765	50,7	1,576	— 0,057	— 0,606
6 40	0,773	49,85	1,548	— 0,055	— 0,614
7 14	0,744	43,8	1,385	— 0,045	— 0,687
7 20	0,7445	42,7	1,361	— 0,044	— 0,685

T. m. a. G.	D	z	M	c	m_c
7^h26^m	0,7395	41°65	1,339	— 0^m042	— 0^m697
8 2	0,7285	35,5	1,228	— 0,035	— 0,723
8 8	0,728	34,2	1,209	— 0,033	— 0,722
8 15	0,716	33,15	1,194	— 0,032	— 0,757
9 2	0,708	24,9	1,102	— 0,020	— 0,770
9 9	0,7025	23,8	1,093	— 0,018	— 0,785
9 16	0,702	22,8	1,085	— 0,017	— 0,785
9 22	0,704	21,0	1,071	— 0,015	— 0,777
10 11	0,6915	16,1	1,040	— 0,005	— 0,806
10 16	0,697	15,7	1,039	— 0,004	— 0,788
10 24	0,694	15,6	1,039	— 0,002	— 0,795
10 31	0,688	15,5	1,038	— 0,001	— 0,813
10 39	0,6885	15,5	1,038	— 0	— 0,810
11 52	0,6995	20,1	1,065	+ 0,011	— 0,765
12 0	0,6965	21,2	1,073	+ 0,011	— 0,774

1931 Décembre 24 Lampe L_3. Ciel pur (brume légère) matin très pur.

5 48	0,966	67,3	2,576	— 0,022	— 0,097
5 54	0,9215	66,25	2,469	— 0,021	— 0,198
5 59	0,903	65,45	2,394	— 0,021	— 0,243
6 6	0,8705	64,3	2,305	— 0,021	— 0,322
6 13	0,8645	62,95	2,190	— 0,021	— 0,337
6 19	0,849	62,0	2,122	— 0,021	— 0,376
6 28	0,8245	60,45	2,021	— 0,020	— 0,439
6 35	0,8065	59,35	1,956	— 0,020	— 0,487
6 43	0,792	58,15	1,889	— 0,019	— 0,525
6 54	0,773	56,05	1,786	— 0,018	— 0,577
6 59	0,752	55,0	1,739	— 0,018	— 0,637
7 5	0,763	53,95	1,695	— 0,018	— 0,605
7 12	0,759	52,75	1,648	— 0,017	— 0,616
7 20	0,7425	51,35	1,598	— 0,017	— 0,663
7 26	0,732	50,35	1,564	— 0,016	— 0,693
7 32	0,718	49,2	1,527	— 0,015	— 0,734
8 32	0,6475	38,65	1,281	— 0,010	— 0,954
8 38	0,6355	37,6	1,262	— 0,010	— 0,994
8 44	0,645	36,6	1,246	— 0,009	— 0,961
9 28	0,611	29	1,143	— 0,006	— 1,076
9 35	0,612	27,6	1,127	— 0,005	— 1,071
9 43	0,618	26,1	1,114	— 0,004	— 1,049
10 49	0,598	17,1	1,046	— 0,002	— 1,118
10 55	0,5955	16,5	1,043	— 0,001	— 1,127
11 39	0,591	15,0	1,035	0	— 1,142
11 46	0,5925	15,1	1,035	0	— 1,136
11 59	0,5905	15,3	1,037	0	— 1,144
12 12	0,595	15,7	1,039	0	— 1,127
12 42	0,6015	19,2	1,059	0	— 1,104
12 49	0,593	20,0	1,064	0	— 1,135
15 33	0,641	48,3	1,500	— 0,008	— 0,974
15 47	0,654	51,0	1,586	— 0,009	— 0,931
16 1	0,661	53,35	1,671	— 0,009	— 0,908
16 16	0,6755	56,25	1,795	— 0,010	— 0,862
16 48	0,698	61,5	2,088	— 0,011	— 0,792
17 3	0,712	64,1	2,279	— 0,011	— 0,748
17 17	0,735	66,5	2,494	— 0,011	— 0,679
17 31	0,7575	69,2	2,797	— 0,012	— 0,642
17^h46^m	0,791	71°3	3,095	— 0^m012	— 0^m521
17 58	0,8345	73,3	3,445	— 0,013	— 0,406

1931 Décembre 25 L_3. Ciel très pur, nuages au Sud vers 22^h.

6 32	0,9205	69,85	2,883	+ 0,042	— 0,138
6 39	0,8945	68,85	2,753	+ 0,041	— 0,201
6 44	0,872	67,9	2,642	+ 0,040	— 0,257
65 1	0,855	66,85	2,530	+ 0,039	— 0,301
6 57	0,8425	65,85	2,432	+ 0,038	— 0,334
7 2	0,827	64,95	2,351	+ 0,037	— 0,375
7 10	0,797	62,65	2,168	+ 0,035	— 0,458
7 19	0,790	61,6	2,095	+ 0,034	— 0,478
7 27	0,782	60,65	2,034	+ 0,033	— 0,501
7 45	0,7655	57,4	1,851	+ 0,032	— 0,548
7 51	0,759	56,4	1,802	+ 0,032	— 0,567
7 58	0,760	55,15	1,745	+ 0,031	— 0,565
8 5	0,755	54,10	1,701	+ 0,031	— 0,579
8 14	0,742	52,35	1,633	+ 0,030	— 0,618
8 21	0,735	51,2	1,592	+ 0,029	— 0,639
10 4	0,7155	33,2	1,195	+ 0,016	— 0,711
10 11	0,705	32,0	1,179	+ 0,016	— 0,743
10 17	0,7055	30,95	1,166	+ 0,015	— 0,742
11 14	0,706	21,8	1,077	+ 0,008	— 0,748
11 20	0,7055	20,9	1,070	+ 0,008	— 0,749
12 3	0,6855	16,4	1,042	+ 0,004	— 0,816
12 10	0,6995	16,2	1,041	+ 0,003	— 0,773
12 23	0,6965	16,1	1,041	+ 0,001	— 0,784
12 30	0,6845	16,0	1,040	0	— 0,823

Décembre 27 L_3. Ciel pur dans rares éclaircies ; 3/4 couvert.

9 31	1,140	63,5	2,232	+ 0,019	+ 0,303
9 37	1,127	62,6	2,164	+ 0,019	+ 0,279
10 5	1,074	57,55	1,859	+ 0,016	+ 0,171
10 50	1,040	49,8	1,547	+ 0,011	+ 0,096
11 53	1,003	39,25	1,291	+ 0,004	+ 0,010
12 6	0,969	37,15	1,255	+ 0,002	— 0,068
12 9	0,975	36,6	1,246	+ 0,002	— 0,058
12 18	0,964	35,2	1,224	+ 0,001	— 0,079
12 27	0,9735	34,65	1,216	0	— 0,058

Décembre 28 L_3. Ciel très pur, nuages au Nord à la fin.

10 0	1,5285	70,8	3,019	+ 0,011	+ 0,932
10 6	1,4555	69,75	2,869	+ 0,011	+ 0,825
10 11	1,4435	68,9	2,760	+ 0,010	+ 0,806
10 16	1,406	68,0	2,653	+ 0,010	+ 0,750
10 22	1,4255	66,95	2,540	+ 0,009	+ 0,778
10 29	1,366	65,85	2,442	+ 0,008	+ 0,685
10 36	1,328	64,65	2,325	+ 0,008	+ 0,624
10 45	1,295	63,05	2,198	+ 0,007	+ 0,568
10 50	1,276	62,1	2,129	+ 0,006	+ 0,535
11 3	1,2675	60,05	1,996	+ 0,005	+ 0,519
11 8	1,248	59	1,936	+ 0,005	+ 0,486
11 17	1,2415	57,4	1,851	+ 0,004	+ 0,473
11 23	1,2305	56,45	1,805	+ 0,004	+ 0,453

T. m. a. G.	D	z	M	c	mc
11h29m	1,213	55°45	1,759	+ 0m003	+ 0m422
11 37	1,1995	54,1	1,701	+ 0,002	+ 0,396
11 43	1,205	53,15	1,663	+ 0,001	+ 0,406
11 50	1,190	52,0	1,620	+ 0,001	+ 0,379
11 56	1,1665	50,8	1,579	0	+ 0,333
1931 Décembre 30 L_1. Ciel très pur, à la fin nuages viennent du Sud.					
12 4	1,232	74,75	3,756	+ 0,018	+ 0,471
12 14	1,147	73,15	3,415	+ 0,016	+ 0,314
12 19	1,126	72,15	3,233	+ 0,015	+ 0,273
12 26	1,0845	71,0	3,048	+ 0,014	+ 0,190
12 32	1,071	70,0	2,903	+ 0,013	+ 0,162
12 45	1,019	68,0	2,653	+ 0,011	+ 0,052
12 51	1,0195	67,05	2,550	+ 0,010	+ 0,052
12 56	1,021	66,15	2,461	+ 0,009	+ 0,054
13 19	0,9815	62,5	2,158	+ 0,005	— 0,035
13 26	0,967	61,4	2,081	+ 0,004	— 0,069
13 32	0,971	60,55	2,027	+ 0,003	— 0,061
13 38	0,954	59,6	1,970	+ 0,002	— 0,100
13 44	0,950	58,8	1,925	+ 0,001	— 0,110
13 51	0,938	57,8	1,871	0	— 0,139
1932 Janvier 14 L_1. Ciel nuageux ; mesures dans une éclaircie.					
6 36	1,319	45,3	1,422	— 0,001	+ 0,600
6 41	1,311	45,85	1,436	— 0,001	+ 0,587
6 45	1,298	46,35	1,449	— 0,001	+ 0,565
6 50	1,297	46,9	1,463	0	+ 0,565
6 59	1,317	48,1	1,497	+ 0,001	+ 0,599
7 4	1,315	48,8	1,518	+ 0,001	+ 0,596
7 10	1,3135	49,55	1,542	+ 0,002	+ 0,593
Janvier 15 L_1. Ciel pur.					
5 40	1,060	32,9	1,191	0	+ 0,126
5 46	1,075	33	1,192	+ 0,001	+ 0,158
5 50	1,063	33,1	1,193	+ 0,002	+ 0,135
5 56	1,068	33,3	1,196	+ 0,004	+ 0,147
6 0	1,067	33,45	1,198	+ 0,006	+ 0,147
6 58	1,067	38,1	1,271	+ 0,016	+ 0,157
7 2	1,094	38,55	1,279	+ 0,016	+ 0,211
7 7	1,107	39,1	1,289	+ 0,018	+ 0,239
7 12	1,093	39,8	1,301	+ 0,019	+ 0,212
7 17	1,085	40,3	1,311	+ 0,021	+ 0,198
7 21	1,094	40,9	1,323	+ 0,022	+ 0,217
8 25	1,226	50,1	1,556	+ 0,033	+ 0,475
8 31	1,2465	51,0	1,586	+ 0,034	+ 0,512
8 36	1,2565	51,8	1,613	+ 0,035	+ 0,531
8 41	1,273	52,65	1,645	+ 0,036	+ 0,560
8 49	1,310	54,0	1,697	+ 0,037	+ 0,623
8 55	1,326	54,85	1,733	+ 0,038	+ 0,651
9 0	1,327	55,75	1,772	+ 0,039	+ 0,653
9 5	1,307	56,6	1,812	+ 0,040	+ 0,621
9 11	1,327	57,7	1,864	+ 0,041	+ 0,655
9 17	1,351	58,6	1,914	+ 0,042	+ 0,695
9 23	1,393	59,55	1,967	+ 0,044	+ 0,764
9 32	1,3715	61,25	2,072	+ 0,045	+ 0,731
9 38	1,3595	62,25	2,140	+ 0,046	+ 0,713
9h47m	1,374	63°8	2,255	+ 0m048	+ 0m738
9 53	1,3885	64,8	2,338	+ 0,049	+ 0,762
9 59	1,4075	65,85	2,432	+ 0,050	+ 0,792
10 4	1,4685	66,7	2,514	+ 0,051	+ 0,885
10 10	1,5625	67,7	2,619	+ 0,052	+ 1,021
10 16	1,637	68,95	2,766	+ 0,053	+ 1,123
10 22	1,649	69,95	2,896	+ 0,054	+ 1,140
1932 Janvier 16 L_1. Ciel pur.					
5 39	0,909	28,05	1,133	— 0,003	— 0,210
5 46	0,8905	27,8	1,131	— 0,002	— 0,254
5 51	0,879	27,7	1,130	— 0,002	— 0,282
5 57	0,887	27,55	1,128	— 0,001	— 0,261
6 8	0,8825	27,55	1,128	0	— 0,271
6 11	0,8735	27,55	1,128	0	— 0,294
6 16	0,8825	27,7	1,130	0	— 0,271
6 58	0,8795	29,7	1,151	+ 0,007	— 0,272
7 2	0,8935	30,1	1,156	+ 0,008	— 0,236
7 7	0,884	30,5	1,161	+ 0,009	— 0,261
8 41	0,9125	42,75	1,362	+ 0,024	— 0,175
8 47	0,911	43,55	1,379	+ 0,024	— 0,178
8 54	0,917	44,6	1,404	+ 0,025	— 0,163
8 59	0,923	45,5	1,427	+ 0,026	— 0,148
9 36	0,9315	51,65	1,607	+ 0,032	— 0,122
9 41	0,952	52,65	1,645	+ 0,032	— 0,075
9 47	0,957	53,5	1,677	+ 0,033	— 0,062
9 56	0,957	55,15	1,745	+ 0,033	— 0,062
10 2	0,9745	56,2	1,793	+ 0,034	— 0,022
10 8	0,9755	57,25	1,843	+ 0,034	— 0,020
10 19	0,981	59,25	1,950	+ 0,035	— 0,007
10 25	0,997	60,25	2,008	+ 0,036	+ 0,030
10 30	1,018	61,15	2,066	+ 0,037	+ 0,076
10 37	1,032	62,35	2,147	+ 0,038	+ 0,106
10 46	1,0535	63,9	2,263	+ 0,039	+ 0,152
10 53	1,0775	65,15	2,367	+ 0,040	+ 0,202
10 59	1,090	66,2	2,466	+ 0,041	+ 0,228
11 5	1,015	67,2	2,566	+ 0,042	+ 0,252
11 10	1,1395	68,2	2,676	+ 0,043	+ 0,326
11 17	1,194	69,45	2,828	+ 0,044	+ 0,429
11 24	1,219	70,65	2,996	+ 0,045	+ 0,475
Janvier 17 L_1. Ciel très pur.					
5 35	0,778	27,1	1,123	— 0,017	— 0,562
5 41	0,752	26,5	1,117	— 0,016	— 0,635
5 50	0,752	25,65	1,109	— 0,014	— 0,633
5 54	0,756	25,2	1,105	— 0,013	— 0,620
6 0	0,762	24,7	1,101	— 0,012	— 0,602
6 52	0,744	22,8	1,085	0	— 0,642
6 58	0,746	22,9	1,085	+ 0,001	— 0,635
7 3	0,7465	23,1	1,087	+ 0,002	— 0,633
7 6	0,743	23,2	1,088	+ 0,003	— 0,642
9 12	0,779	37,65	1,263	+ 0,028	— 0,514
9 18	0,767	38,55	1,279	+ 0,029	— 0,547
9 24	0,755	39,4	1,294	+ 0,030	— 0,582
9 30	0,759	40,4	1,313	+ 0,031	— 0,568
10 23	0,781	49,5	1,537	+ 0,039	— 0,498
10 28	0,785	50,4	1,566	+ 0,040	— 0,486

T. m. a. G.	D	z	M	c	mc
10^h34^m	0,790	51°45	1,601	+ 0^m041	— 0^m471
10 40	0,7855	52,4	1,635	+ 0,042	— 0,482
10 51	0,806	54,4	1,714	+ 0,044	— 0,439
10 56	0,8125	55,35	1,754	+ 0,045	— 0,406
11 1	0,818	56,3	1,798	+ 0,046	— 0,390
11 15	0,844	58,65	1,917	+ 0,048	— 0,320
11 21	0,846	59,8	1,981	+ 0,049	— 0,314
11 27	0,865	60,7	2,037	+ 0,051	— 0,264
11 32	0,876	61,65	2,098	+ 0,052	— 0,235
11 38	0,8965	62,65	2,168	+ 0,053	— 0,184
11 44	0,9045	63,75	2,251	+ 0,054	— 0,164
11 52	0,9255	65,0	2,355	+ 0,056	— 0,112
11 57	0,9445	66,0	2,446	+ 0,057	— 0,067
12 2	0,9455	67,0	2,545	+ 0,058	— 0,064
12 8	0,959	67,95	2,647	+ 0,059	— 0,032
12 14	0,9905	68,95	2,766	+ 0,060	+ 0,039
12 20	1,0105	70,0	2,903	+ 0,061	+ 0,084
1932 Janvier 18 L_1. Ciel très pur jusqu'à 8 heures.					
5 32	0,6525	31,5	1,173	— 0,020	— 0,947
5 38	0,6415	30,65	1,163	— 0,019	— 0,983
5 43	0,637	29,9	1,154	— 0,018	— 0,997
5 48	0,6395	29,2	1,145	— 0,017	— 0,988
5 52	0,641	28,5	1,138	— 0,016	— 0,982
7 24	0,632	19,1	1,058	— 0,002	— 0,998
7 28	0,625	19,0	1,058	— 0,001	— 1,022
7 33	0,627	18,95	1,057	— 0,001	— 1,015
7 37	0,6285	18,95	1,057	0	— 1,008
7 42	0,620	19,0	1,058	0	— 1,039
9 47	0,666	32,25	1,182	+ 0,012	— 0,871
9 52	0,6675	33,2	1,195	+ 0,012	— 0,866
Janvier 19 L_1.					
8 44	0,600	17,0	1,046	— 0,006	— 1,116
8 47	0,5855	17,2	1,047	— 0,006	— 1,168
8 52	0,582	17,4	1,048	— 0,005	— 1,180
8 56	0,574	17,6	1,049	— 0,004	— 1,209
9 0	0,5735	17,8	1,050	— 0,003	— 1,210
9 3	0,570	18,1	1,052	— 0,002	— 1,223
9 7	0,5675	18,4	1,054	— 0,002	— 1,232
9 10	0,568	18,7	1,056	— 0,001	— 1,229
9 13	0,566	19,0	1,058	0	— 1,236
9 17	0,568	19,4	1,060	+ 0,001	— 1,227
9 21	0,569	19,8	1,063	+ 0,002	— 1,222
10 59	0,549	34,4	1,212	+ 0,013	— 1,289
11 4	0,5655	35,25	1,225	+ 0,014	— 1,224
11 9	0,561	36,1	1,238	+ 0,015	— 1,240
11 13	0,564	36,8	1,249	+ 0,015	— 1,229
11 18	0,559	37,5	1,260	+ 0,016	— 1,247
Janvier 21 L_3. Nuages se dissipent, ciel légèrement laiteux au début ; quelques interruptions à la fin ; bande nuages au Nord-Ouest.					
10 3	0,787	16,0	1,040	— 0,004	— 0,524
10 8	0,785			— 0,003	— 0,529
10 12	0,801	15,4	1,035	— 0,002	— 0,484
10 18	0,784			— 0,001	— 0,529
10 23	0,7885	15,4	1,035	0	— 0,516
12^h17^m	0,7905	27°2	1,124	+ 0^m022	— 0^m489
12 22	0,794	28,05	1,133	+ 0,023	— 0,478
12 27	0,791	28,9	1,142	+ 0,024	— 0,485
12 33	0,804	29,8	1,153	+ 0,025	— 0,449
12 39	0,811	30,75	1,164	+ 0,026	— 0,429
12 45	0,804	31,65	1,175	+ 0,027	— 0,447
13 35	0,818	40,5	1,315	+ 0,036	— 0,400
13 42	0,8175	41,75	1,341	+ 0,038	— 0,399
13 48	0,836	42,85	1,364	+ 0,039	— 0,350
14 21	0,8335	48,75	1,513	+ 0,043	— 0,352
14 27	0,832	49,8	1,547	+ 0,043	— 0,356
14 47	0,853	53,25	1,667	+ 0,047	— 0,298
14 53	0,855	54,35	1,712	+ 0,047	— 0,293
15 10	0,8655	57,1	1,836	+ 0,050	— 0,264
15 23	0,890	59,45	1,961	+ 0,053	— 0,260
15 28	0,8965	60,5	2,024	+ 0,054	— 0,183
15 33	0,9105	61,4	2,081	+ 0,054	— 0,150
15 39	0,9335	62,45	2,154	+ 0,055	— 0,094
15 45	0,947	63,45	2,228	+ 0,056	— 0,062
1932 Janvier 22 L_3. Ciel très pur.					
5 33	0,877	68,6	2,722	— 0,085	— 0,370
5 37	0,858	67,85	2,636	— 0,083	— 0,415
5 41	0,842	67,1	2,556	— 0,082	— 0,455
5 46	0,834	66,45	2,489	— 0,080	— 0,474
5 50	0,830	65,7	2,417	— 0,079	— 0,484
5 55	0,824	64,9	2,345	— 0,078	— 0,498
5 59	0,817	64,1	2,279	— 0,076	— 0,515
6 3	0,8105	63,45	2,228	— 0,075	— 0,531
6 8	0,792	62,7	2,172	— 0,073	— 0,579
6 12	0,7865	61,9	2,115	— 0,072	— 0,573
6 17	0,781	61,1	2,063	— 0,070	— 0,607
6 23	0,770	60,1	1,999	— 0,068	— 0,635
6 32	0,7585	58,4	1,903	— 0,066	— 0,666
6 38	0,7555	57,45	1,853	— 0,066	— 0,675
6 44	0,739	56,5	1,807	— 0,065	— 0,722
6 47	0,732	55,75	1,772	— 0,065	— 0,742
6 49	0,7285	54,7	1,726	— 0,065	— 0,753
7 4	0,717	52,75	1,629	— 0,064	— 0,786
7 9	0,717	51,95	1,618	— 0,064	— 0,786
7 14	0,7115	51,15	1,591	— 0,063	— 0,802
8 40	0,684	36,2	1,239	— 0,033	— 0,858
8 45	0,6745	35,1	1,222	— 0,031	— 0,886
8 51	0,686	34,25	1,210	— 0,029	— 0,847
9 0	0,664	32,85	1,190	— 0,027	— 0,916
9 5	0,660	31,85	1,177	— 0,026	— 0,928
9 21	0,6545	29,3	1,147	— 0,023	— 0,943
9 49	0,6555	25,35	1,106	— 0,016	— 0,933
11 9	0,635	18,3	1,054	0	— 0,986
11 13	0,637	18,3	1,054	0	— 0,979
11 17	0,642	18,3	1,054	+ 0.001	— 0,961
11 22	0,6405	18,3	1,054	+ 0,001	— 0,966
16 12	0,7365	59,85	1,983	+ 0,045	— 0,619
16 17	0,732	60,85	2,046	+ 0,045	— 0,632
16 23	0,734	61,8	2,108	+ 0,046	— 0,625
16 30	0,7465	63,0	2,194	+ 0,047	— 0,588
16 36	0,7605	64,15	2,284	+ 0,048	— 0,546

T. m. a. G.	D	z	M	c	mc
16^h42^m	0,768	65°25	2,376	+ 0^m049	— 0^m524
16 50	0,782	66,45	2,489	+ 0,050	— 0,484
16 56	0,784	67,45	2,593	+ 0,051	— 0,477
17 3	0,800	68,65	2,729	+ 0,052	— 0,432
17 8	0,8245	69,65	2,857	+ 0,053	— 0,366
17 14	0,832	70,65	2,995	+ 0,054	— 0,345
17 20	0,854	71,7	3,159	+ 0,055	— 0,288
1932 Janvier 23 L_3. Ciel assez pur ; nuages au milieu de la nuit.					
6 14	1,080	73,6	3,504	+ 0,030	+ 0,197
6 20	1,0175	72,45	3,285	+ 0,030	+ 0,070
6 26	0,971	71,6	3,142	+ 0,030	— 0,034
6 30	0,9375	70,8	3,018	+ 0,029	— 0,111
6 36	0,9185	69,95	2,896	+ 0,029	— 0,156
6 41	0,891	68,9	2,760	+ 0,028	— 0,223
6 46	0,866	68,1	2,665	+ 0,028	— 0,384
6 51	0,850	67,35	2,582	+ 0,027	— 0,326
6 56	0,838	66,35	2,489	+ 0,027	— 0,357
7 0	0,823	65,6	2,409	+ 0,026	— 0,397
7 6	0,8115	64,8	2,338	+ 0,026	— 0,427
7 11	0,7995	63,9	2,263	+ 0,025	— 0,461
7 16	0,798	62,95	2,190	+ 0,025	— 0,465
7 20	0,783	62,25	2,140	+ 0,025	— 0,506
7 30	0,767	60,55	2,027	+ 0,025	— 0,551
7 35	0,7645	59,7	1,975	+ 0,025	— 0,556
7 41	0,755	58,65	1,917	+ 0,024	— 0,586
7 45	0,754	57,85	1,873	+ 0,024	— 0,589
7 56	0,7445	56,0	1,784	+ 0,023	— 0,618
8 1	0,7315	55,15	1,745	+ 0,023	— 0,656
8 5	0,7275	54,35	1,712	+ 0,023	— 0,668
8 11	0,7265	53,35	1,671	+ 0,022	— 0,676
8 15	0,7125	52,45	1,637	+ 0,022	— 0,714
8 20	0,710	51,7	1,609	+ 0,021	— 0,723
9 18	0,687	41,8	1,342	+ 0,017	— 0,798
9 24	0,6745	40,85	1,322	+ 0,017	— 0,838
9 28	0,6675	40,05	1,306	+ 0,017	— 0,861
9 33	0,6685	39,3	1,292	+ 0,017	— 0,857
9 39	0,667	38,3	1,274	+ 0,017	— 0,862
10 30	0,654	29,6	1,150	+ 0,012	— 0,910
	0,654	29,0	1,143	+ 0,012	— 0,910
10 52	0,6555	27,55	1,127	+ 0,012	— 0,905
10 58	0,6575	26,85	1,120	+ 0,011	— 0,899
12 32	0,645	21,7	1,076	0	— 0,952
12 38	0,643	21,8	1,077	— 0,001	— 0,960
12 43	0,644	21,9	1,078	— 0,001	— 0,956
12 49	0,637	22,0	1,079	— 0,002	— 0,981
12 54	0,635	22,1	1,080	— 0,003	— 0,989
16 50	0,765	59,0	1,936	— 0,054	— 0,636
16 55	0,785	60,1	1,999	— 0,056	— 0,582
17 2	0,788	61,3	2,075	— 0,058	— 0,575
17 8	0,8015	62,3	2,144	— 0,060	— 0,545
17 14	0,8075	63,45	2,228	— 0,062	— 0,526
17 20	0,829	64,6	2,321	— 0,064	— 0,471
17 26	0,8405	65,75	2,423	— 0,067	— 0,444
17 34	0,8665	66,9	2,535	— 0,069	— 0,380
17 40	0,8875	68,0	2,653	— 0,071	— 0,330
17^h40^m	0,905	69°1	2,784	— 0^m074	— 0^m291
17 52	0,9215	70,25	2,939	— 0,076	— 0,253
1932 Janvier 24 L_3. Ciel très pur.					
7 46	1,067	70,35	2,952	+ 0,040	+ 0,181
7 52	1,0165	69,4	2,823	+ 0,040	+ 0,076
7 56	1,0055	68,6	2,723	+ 0,039	+ 0,039
8 1	0,9935	67,75	2,625	+ 0,038	+ 0,024
8 6	0,966	66,8	2,525	+ 0,037	— 0,038
8 11	0,961	65,95	2,441	+ 0,037	— 0,049
8 15	0,947	65,15	2,368	+ 0,036	— 0,082
8 20	0,9345	64,35	2,300	+ 0,036	— 0,111
8 30	0,915	62,7	2,172	+ 0,035	— 0,158
8 35	0,900	61,85	2,112	+ 0,034	— 0,195
8 40	0,8925	61,05	2,059	+ 0,033	— 0,214
8 45	0,8845	60,25	2,008	+ 0,032	— 0,234
8 53	0,874	58,75	1,922	+ 0,031	— 0,261
8 58	0,867	57,75	1,868	+ 0,030	— 0,280
9 4	0,853	56,8	1,821	+ 0,030	— 0,315
9 13	0,8375	55,25	1,749	+ 0,029	— 0,356
9 18	0,835	54,35	1,712	+ 0,029	— 0,352
9 22	0,8405	53,7	1,685	+ 0,028	— 0,360
9 28	0,8425	52,6	1,642	+ 0,027	— 0,345
9 35	0,822	51,5	1,603	+ 0,026	— 0,400
10 59	0,7745	38,1	1,271	+ 0,018	— 0,537
11 5	0,775	37,45	1,261	+ 0,016	— 0,537
11 8	0,7755	36,75	1,248	+ 0,014	— 0,536
12 58	0,785	27,2	1,124	+ 0,001	— 0,525
13 4	0,763	27 1	1,123	0	— 0,587
13 10	0,763	27,1	1,123	— 0,001	— 0,588
13 15	0,7645	27,15	1,123	— 0,002	— 0,585
13 21	0,7675	27,2	1,124	— 0,003	— 0,578
13 28	0,7755	27,3	1,125	— 0,004	— 0,559
Janvier 25 L_3. Ciel très pur.					
9 1	1,1665	70,6	2,988	+ 0,028	+ 0,362
9 6	1,1385	69,5	2,835	+ 0,028	+ 0,310
9 11	1,1235	68,7	2,735	+ 0,027	+ 0,280
9 15	1,1085	67,85	2,636	+ 0,027	+ 0,251
9 21	1,0905	66,95	2,539	+ 0,026	+ 0,223
9 27	1,068	66,05	2,451	+ 0,025	+ 0,165
9 32	1,0465	65,2	2,372	+ 0,024	+ 0,123
9 38	1,034	64,25	2,292	+ 0,023	+ 0,096
9 49	0,998	62,35	2,147	+ 0,022	+ 0,018
9 53	0,992	61,5	2,088	+ 0,021	+ 0,004
9 58	0,989	60,7	2,037	+ 0,021	— 0,003
10 4	0,9755	59,65	1,972	+ 0,020	— 0,034
10 8	0,9725	58,95	1,932	+ 0,020	— 0,041
10 13	0,951	58,15	1,889	+ 0,019	— 0,090
10 18	0,961	57,35	1,848	+ 0,019	— 0,067
10 24	0,949	56,45	1,805	+ 0,018	— 0,105
10 29	0,944	55,55	1,763	+ 0,018	— 0,107
10 34	0,9535	54,7	1,726	+ 0,017	— 0,086
10 41	0,9395	53,55	1,679	+ 0,017	— 0,118
10 47	0,947	52,65	1,645	+ 0,016	— 0,102
10 54	0,9265	51,55	1,605	+ 0,015	— 0,151

T. a. m. G.	D	z	M	c	mc
12h 1m	0,899	41°95	1,345	+ 0m008	— 0m223
12 6	0,8905	41,25	1,330	+ 0,007	— 0,245
12 10	0,8925	40,65	1,318	+ 0,007	— 0,240
12 16	0,885	40,0	1,305	+ 0,006	— 0,259
12 48	0,8845	36,8	1,249	+ 0,002	— 0,264
12 53	0,887	36,4	1,242	+ 0,001	— 0,259
12 58	0,885	36,0	1,236	0	— 0,265
1932 Janvier 26 L_3. Ciel très pur.					
10 3	1,502	72,4	3,276	+ 0,016	+ 0,899
10 9	1,4645	71,3	3,094	+ 0,015	+ 0,843
10 17	1,4375	70,35	2,952	+ 0,015	+ 0,803
10 23	1,398	69,35	2,816	+ 0,014	+ 0,741
10 29	1,379	68,4	2,699	+ 0,013	+ 0,711
10 37	1,349	67,1	2,555	+ 0,013	+ 0,663
10 42	1,3305	66,25	2,470	+ 0,012	+ 0,632
10 55	1,287	64,2	2,289	+ 0,011	+ 0,559
11 2	1,266	63,05	2,198	+ 0,010	+ 0,522
11 8	1,240	62,15	2,133	+ 0,010	+ 0,477
11 13	1,236	61,3	2,075	+ 0,009	+ 0,469
11 18	1,223	60,3	2,012	+ 0,009	+ 0,446
11 41	1,191	56,95	1,829	+ 0,007	+ 0,386
11 47	1,182	56,1	1,789	+ 0,006	+ 0,369
11 53	1,176	55,35	1,754	+ 0,006	+ 0,358
11 57	1,176	54,55	1,720	+ 0,005	+ 0,357
12 31	1,1405	50,0	1,553	+ 0,002	+ 0,287
12 38	1,132	49,2	1,527	+ 0,001	+ 0,270
12 44	1,131	48,45	1,504	0	+ 0,267
Février 17 L_1. Ciel pur.					
11 2	0,650	39,8	1,301	0	— 0,935
11 11	0,650	41,4	1,333	+ 0,002	— 0,933
11 19	0,6515	42,5	1,356	+ 0,003	— 0,927
11 26	0,6535	43,6	1,381	+ 0,004	— 0,920
12 50	0,698	57,3	1,846	+ 0,014	— 0,767
13 0	0,703	58,6	1,914	+ 0,015	— 0,750
13 6	0,7065	59,65	1,973	+ 0,015	— 0,739
13 12	0,710	60,65	2,037	+ 0,016	— 0,728
13 20	0,7155	61,8	2,108	+ 0,016	— 0,711
13 27	0,7265	62,85	2,183	+ 0,017	— 0,673
13 32	0,734	63,75	2,251	+ 0,017	— 0,654
13 39	0,743	64,85	2,344	+ 0,018	— 0,627
13 47	0,758	66,0	2,446	+ 0,020	— 0,581
13 54	0,779	67,0	2,544	+ 0,020	— 0,522
14 2	0,796	68,3	2,687	+ 0,020	— 0,475
14 10	0,807	69,5	2,835	+ 0,022	— 0,443
14 16	0,830	70,5	2,972	+ 0,022	— 0,382
Février 18 L_1. Ciel pur.					
10 37	0,515	29,1	1,144	0	— 1,441
10 48	0,5155	30,45	1,160	+ 0,002	— 1,437
11 5	0,514	33,8	1,203	+ 0,005	— 1,440
11 16	0,5165	34,3	1,213	+ 0,007	— 1,428
13 44	0,5815	57,65	1,864	+ 0,029	— 1,148
13 53	0,582	59,05	1,939	+ 0,030	— 1,145
14 1	0,5905	60,3	2,012	+ 0,032	— 1,112

T. m. a. G.	D	z	M	c	mc
14h 9m	0,5955	61°7	2,102	+ 0m033	— 1m093
14 17	0,6005	63,0	2,194	+ 0,035	— 1,072
14 26	0,6135	64,45	2,308	+ 0,036	— 1,025
14 34	0,628	65,65	2,413	+ 0,038	— 0,972
14 39	0,6335	66,5	2,494	+ 0,038	— 0,953
14 47	0,6455	67,7	2,620	+ 0,040	— 0,910
14 56	0,6685	69,15	2,790	+ 0,041	— 0,833
15 2	0,6845	70,05	2,910	+ 0,042	— 0,781
1932 Février 19 L_1. Au début il n'y a des nuages qu'à l'horizon est. Ensuite le ciel paraît pur entre les nuages. A 10h15m les nuages arrivent du nord-est et interrompent les observations.					
5 57	0,5115	50,85	1,581	+ 0,032	— 1,424
6 7	0,5265	49,2	1,527	+ 0,031	— 1,362
6 15	0,516	47,0	1,463	+ 0,030	— 1,407
6 23	0,508	46,15	1,442	+ 0,030	— 1,441
6 33	0,512	45,2	1,417	+ 0,028	— 1,425
6 46	0,518	43,05	1,368	+ 0,026	— 1,403
9 58	0,4795	24,95	1,103	0	— 1,597
10 6	0,489	25,1	1,104	— 0,001	— 1,554
10 12	0,492	25,2	1,105	— 0,003	— 1,543
Février 20 L_3. Ciel très pur après disparition des nuages. Des nuages ont passé pendant les cinq premières mesures qui ont été faites dans des éclaircies paraissant pures.					
11 55	0,7775	32,7	1,188	0	— 0,546
12 2	0,781	33,3	1,196	+ 0,002	— 0,535
12 15	0,7775	34,5	1,213	+ 0,005	— 0,541
12 23	0,779	35,4	1,227	+ 0,007	— 0,535
12 34	0,782	36,6	1,246	+ 0,008	— 0,526
14 40	0,831	54,55	1,720	+ 0,034	— 0,368
14 48	0,8295	55,8	1,775	+ 0,035	— 0,371
14 55	0,8305	57,0	1,831	+ 0,037	— 0,366
15 6	0,848	58,7	1,920	+ 0,039	— 0,319
15 13	0,8495	59,85	1,984	+ 0,041	— 0,313
15 20	0,8685	61,05	2,059	+ 0,043	— 0,263
15 29	0,871	62,5	2,158	+ 0,045	— 0,255
15 39	0,880	64,2	2,288	+ 0,047	— 0,230
15 47	0,895	65,35	2,385	+ 0,049	— 0,192
15 59	0,9255	67,35	2,582	+ 0,051	— 0,117
16 8	0,9415	68,7	2,734	+ 0,053	— 0,078
Février 21. L_3. Ciel nuageux, pur dans les éclaircies ; 6 mesures entre 56° et 50° ont été faites dans une éclaircie très pure.					
6 38	0,818	68,95	2,765	— 0,070	— 0,506
6 50	0,7945	67,15	2,560	— 0,066	— 0,566
8 7	0,6685	55,4	1,756	— 0,046	— 0,920
8 12	0,6725	54,5	1,718	— 0,044	— 0,905
8 17	0,668	53,75	1,687	— 0,042	— 0,918
8 24	0,6615	53,0	1,658	— 0,040	— 0,937
8 29	0,653	52,1	1,624	— 0,038	— 0,963
8 36	0,6475	51,1	1,589	— 0,037	— 0,981

T. m. a. G.	D	f	z	M	c	m_c
11h25m	0,593		35°95	1,235	— 0m006	— 1m141
11 31	0,599		35,8	1,233	— 0,005	— 1,118
11 53	0,589		35,95	1,235	— 0,001	— 1,151
11 57	0,592				0	— 1,138
11 59	0,593		36,2	1,239	0	— 1,135

1932 Mars 12 L_2. Ciel pur mais le vent du Nord rabat des fumées gênantes ; fluctuations légères débutant à 6^h49^m.

6 17	1,017		44,55	1,403	0	+ 0,036
6 25	1,027		45,7	1,433	+ 0,001	+ 0,059
6 32	1,032		46,8	1,461	+ 0,003	+ 0,071
6 40	1,041		47,95	1,493	+ 0,005	+ 0,092
6 49	1,048		49,3	1,534	+ 0,007	+ 0,109
6 57	1,065		50,6	1,575	+ 0,009	+ 0,146
7 6	1,0885		52,0	1,624	+ 0,011	+ 0,195
7 16	1,133	± 4mm	53,75	1,691	+ 0,013	+ 0,284
	1,221 à 1,161					
7 29	1,168	± 2	55,7	1,770	+ 0,016	+ 0,353
	1,234 à 1,208		57,7			
7 54	1,231 à 1,246		59,65			
8 5	1,299 à 1,471		61,5			

Fluctuations légères constatées à 6^h49^m. A 6^h57^m pas de fluctuations. Immédiatement après la mesure effectuée à 7^h6^m amplitude totale des fluctuations atteint $0^m,06$. Entre 7^h16^m et 7^h29^m, l'amplitude totale des fluctuations atteint $0^m,10$: distances de la lampe comprises entre $1^m,221$ et $1^m,161$. L'amplitude totale atteint $0^m,05$ à 7^h42^m, $0^m,03$ à 7^h54^m et $0^m,27$ à 8^h5^m.

Mars 14 L_2. Ciel pur au début, brouillard à 7^h45^m.

6 37	0,596		28,9	1,142	— 0,009	— 1,133
6 47	0,596		30,5	1,161	— 0,006	— 1,130
6 58	0,586	± 4	31,9	1,178	— 0,004	— 1,164
7 5	0,593	± 6	33,0	1,192	— 0,002	— 1,136
7 18	0,5785	± 2	34,8	1,218	0	— 1,188
7 26	0,603	± 6	36,0	1,236	+ 0,001	— 1,097
7 36	0,603	± 10	38 45	1,277	+ 0,003	— 1,095
7 47	0,660		39,3	1,292	+ 0,005	— 0,897

Eclaircie pure.

10 13	0,748	± 5	62,25	2,140	+ 0,036	— 0,597
10 21	0,7705	± 4	63,55	2,235	+ 0,038	— 0,528
10 30	0,8375	± 3	64,95	2,351	+ 0,040	— 0,345
10 39	0,861	± 4	66,35	2,480	+ 0,042	— 0,283

T. m. a. G.	D	f	z	M	c	m_c
7h11m	0,3885	±3mm5	25°9	1,112	— 0m004	— 0m047
7 20	0,3865	± 3	27,0	1,122	— 0,002	— 0,056
7 28	0,3865	± 2	28,0	1,133	0	— 0,054
7 37	0,3925	± 1,5	29,2	1,145	+ 0,002	— 0,019
7 45	0,4025	± 1,5	30,3	1,159	+ 0,004	+ 0,038
7 56	0,3995	± 3,5	31,8	1,177	+ 0,007	+ 0,045
9 8	0,414		42,7	1,360	+ 0,018	+ 0,113
9 21	0,4125		44,85	1,408	+ 0,020	+ 0,107
9 29	0,4185		46,05	1,438	+ 0,022	+ 0,141
9 37	0,4115		47,35	1,473	+ 0,025	+ 0,107
9 48	0,4165		49,1	1,524	+ 0,029	+ 0,137
9 57	0,421		50,6	1,563	+ 0,031	+ 0,152
10 13	0,4295		53,2	1,666	+ 0,036	+ 0,211
10 26 L_1	1,1175		55,25	1,749	+ 0,040	+ 0,281
10 35	1,132		56,7	1,817	+ 0,042	+ 0,311
10 42	1,1375		57,8	1,871	+ 0,044	+ 0,324
10 49	1,1545		59,0	1,936	+ 0,045	+ 0,357
10 58	1,1555		60,3	2,011	+ 0,047	+ 0,361
11 6	1,1785		61,6	2,095	+ 0,049	+ 0,405
11 13	1,1945		62,7	2,172	+ 0,050	+ 0,436
11 21	1,2105		63,9	2,263	+ 0,052	+ 0,467
11 30	1,2225		65,25	2,376	+ 0,055	+ 0,491
11 39	1,2525		66,7	2,512	+ 0,058	+ 0,547

1932 Mars 15 L_2, puis L_1 à partir de 10^h26^m. Ciel pur. Dernière colonne des valeurs de m_c rapportées à L_1.

Mars 18 L_3. Ciel très pur.

7 14	1,274	± 12	30,8	1,165	— 0,034	+ 0,492
7 25	1,2595	± 10	29,75	1,152	— 0,031	+ 0,470
7 33	1,2575	± 12	29,45	1,147	— 0,029	+ 0,468
7 39	1,2325	± 10	28,7	1,140	— 0,028	+ 0,426
7 47	1,2285			1,136	— 0,026	+ 0,421
7 54	1,236		27,95	1,132	— 0,025	+ 0,435
9 44	1,211		30,7	1,163	0	+ 0,416
9 51	1,2035		31,4	1,172	+ 0,001	+ 0,403
9 59	1,213		32,2	1,182	+ 0,003	+ 0,423
10 7	1,213		33,1	1,193	+ 0,004	+ 0,424
10 16	1,219		34,0	1,206	+ 0,006	+ 0,436
10 23	1,2125		35,0	1,221	+ 0,006	+ 0,424
11 42	1,284		46,1	1,440	+ 0,021	+ 0,564
11 50	1,285		47,35	1,473	+ 0,022	+ 0,567
11 58	1,286		48,5	1,506	+ 0,023	+ 0,569
12 6	1,290		49,8	1,546	+ 0,025	+ 0,578
12 14	1,292		51,15	1,591	+ 0,027	+ 0,583
12 24	1,304		52,65	1,645	+ 0,029	+ 0,605
12 36	1,313		54,65	1,724	+ 0,031	+ 0,622
12 44	1,3285		55,95	1,782	+ 0,032	+ 0,649
12 52	1,3545		57,2	1,841	+ 0,033	+ 0,692
12 59	1,382		58,3	1,889	+ 0,035	+ 0,737
13 7	1,3995		59,65	1,972	+ 0,036	+ 0,766
13 16	1,4265		61,1	2,063	+ 0,037	+ 0,808
13 24	1,445		62,4	2,155	+ 0,038	+ 0,837
13 32	1,471		63,7	2,247	+ 0,039	+ 0,877

T. m. a. G.	D	z	M	c	m_c
1932 Mars 19 L_1. Ciel pur au début ; les nuages interrompent les observations.					
7^h59^m	0,5125	36°35	1,242	-0^m026	-1^m477
8 9	0,5135	35,5	1,228	— 0,023	— 1,470
8 18	0,5155	34,75	1,217	— 0,021	— 1,460
8 26	0,513	34,3	1,210	— 0,019	— 1,468
9 34	0,4905	32,6	1,187	— 0,003	— 1,550
9 56	0,487	33,2	1,195	0	— 1,562
10 4	0,490	33,6	1,200	+ 0,001	— 1,548
10 13	0,489	34,1	1,208	+ 0,002	— 1,551
10 28	0,5025	35,0	1,221	+ 0,004	— 1,490
11 42	0,505	43,9	1,388	+ 0,016	— 1,467
11 53	0,507	44,3	1,397	+ 0,018	— 1,457
12 3	0,5115	46,8	1,461	+ 0,020	— 1,436
	0,521				— 1,396
Mars 22 L_3. Nuages.					
8 34	1,2665	68,3	2,687	+ 0,046	+ 0,559
8 55	1,1245	65,8	2,427	+ 0,043	+ 0,298
9 5	1,113	64,6	2,321	+ 0,041	+ 0,273
9 30	1,0605	61,8	2,108	+ 0,036	+ 0,163
9 35	1,0585	61,3	2,075	+ 0,035	+ 0,158
10 3	0,975	58,75	1,922	+ 0,030	— 0,025
Interruption par les nuages.					
12 31	0,8305	54,6	1,722	0	— 0,403
12 39	0,830	54,9	1,735	— 0,002	— 0,408
12 49	0,835	55,3	1,752	— 0,004	— 0,395
12 58	0,842	55,75	1,772	— 0,006	— 0,379
13 6	0,8505	56,2	1,793	— 0,008	— 0,360
13 36	0,861	58,25	1,895	— 0,015	— 0,340
13 45	0,8525	59,0	1,936	— 0,017	— 0,364
13 57	0,870	60,1	1,999	— 0,020	— 0,322
14 7	0,863	61,1	2,063	— 0,023	— 0,343
14 19	0,876	62,3	2,144	— 0,027	— 0,314
14 26	0,896	63,1	2,202	— 0,030	— 0,268
Mars 23 L_1. Ciel pur.					
11 58	0,484	62,0	2,122	+ 0,006	— 1,570
12 9	0,4765	61,75	2,105	+ 0,004	— 1,606
12 20	0,475	61,5	2,088	+ 0,002	— 1,614
12 29	0,476	61,35	2,078	0	— 1,612
Avril 10 L_2. Ciel pur au début ; premiers nuages à 7^h45^m.					
7 2	1,047	52,25	1,629	0	+ 0,050
7 6	1,042	52,9	1,654	+ 0,001	+ 0,046
7 10	1,071	53,55	1,679	+ 0,002	+ 0,076
7^h15^m	1,095	54°35	1,712	$+0^m003$	$+0^m101$
7 17	1,120	54,7	1,726	+ 0,004	+ 0,127
7 21	1,133	55,1	1,744	+ 0,005	+ 0,141
7 27	1,273	56,25	1,795	+ 0,006	+ 0,268
7 32	1,311	57,05	1,834	+ 0,007	+ 0,301
7 41	1,291	58,5	1,906	+ 0,009	+ 0,281
1932 Octobre 11 L_3.					
6 10	1,1245	68	2,653	— 0,041	+ 0,214
6 19	1,078	65,9	2,436	— 0,039	+ 0,074
6 25	1,073	64,9	2,346	— 0,037	+ 0,066
6 39	1,072	63,65	2,243	— 0,034	+ 0,067
7 2	1,028	59,7	1,975	— 0,026	— 0,016
7 9	1,0135	58,9	1,931	— 0,025	— 0,022
8 55	0,938	49,25	1,527	— 0,003	— 0,142
9 5	0,9235	48,95	1,490	— 0,001	— 0,174
9 8	0,918	48,75	1,484	0	— 0,186
Octobre 12 L_3. Ciel pur dans la soirée, léger voile à 9^h53.					
6 44	0,9535	63,95	2,267	— 0,047	— 0,150
6 54	0,9205	62,35	2,147	— 0,045	— 0,225
7 2	0,8885	60,95	2,053	— 0,043	— 0,299
7 12	0,8695	59,35	1,956	— 0,041	— 0,344
7 18	0,8195	50,25	1,561	— 0,025	— 0,457
7 25	0,8175	49,4	1,534	— 0,023	— 0,460
7 31	0,816	48,7	1,512	— 0,022	— 0,463
7 37	0,811	48,05	1,492	— 0,021	— 0,476
9 54	0,7915	42,5	1,356	— 0,006	— 0,514
10 19	0,787	42,0	1,346	— 0,001	— 0,521
10 24	0,775	42,0	1,346	0	— 0,553
Octobre 13 L_3 ; belle éclaircie à 10^h30 qui dure environ une heure.					
10 48	0,700	36,2	1,239	— 0,002	— 0,776
10 56	0,6975	36,1	1,238	— 0,001	— 0,783
11 14	0,691	36,1	1,238	0	— 0,802
11 27	0,684	36,4	1,242	0	— 0,804
Octobre 14 L_3. Ciel se couvre à 8^h50^m.					
7 15	0,760	63,6	2,240	+ 0,008	— 0,588
7 20	0,7465	62,75	2,175	+ 0,008	— 0,627
7 26	0,754	61,75	2,105	+ 0,007	— 0,606
7 30	0,728	60,95	2,053	+ 0,007	— 0,682
7 36	0,7355	59,95	1,990	+ 0,006	— 0,661
8 14	0,6915	53,35	1,683	+ 0,003	— 0,749
8 23	0,679	51,85	1,615	+ 0,002	— 0,838
8 28	0,688	50,9	1,583	+ 0,001	— 0,811
8 33	0,6765	50,1	1,556	0	— 0,898

Magnitude globale et brillance globale de la Lune

Il faut maintenant faire subir à l'observation, choisie arbitrairement comme base dans chaque soirée, les corrections nécessaires pour que les observations des diverses soirées soient comparables entre elles.

1° **Correction d'absorption.** — Cette correction, évaluée en magnitudes, est égale en grandeur et en signe à :

$$\Delta m = - \mathrm{KM}_0.$$

La quantité : $m_0 - \mathrm{KM}_0$ représente l'éclairement tel qu'il aurait été mesuré du lieu d'observation en l'absence d'atmosphère. Cette correction figure dans la sixième colonne du tableau XX sous la dénomination a.

2° **Correction de distance.** — En grandeur et en signe la correction est donnée par la formule suivante :

$$\Delta m = \frac{a}{\text{séc } z_0} + 5 \log \frac{\sin \pi_0}{\sin \mathrm{P}} - 5 \log \left[\mathrm{R} + \frac{\sin \mathrm{P}}{\sin \pi_0} \cdot \frac{\mathrm{D} \cos \Theta}{\mathrm{R}} \right].$$

Le premier terme, toujours positif, ramène l'observation topocentrique à une observation géocentrique. La quantité a est celle qui a été déjà définie plus haut.

Le second terme ramène l'observation à la distance moyenne de la Lune à la Terre. P représente la parallaxe moyenne de la Lune et π_0 la parallaxe géocentrique de la Lune à l'heure t_0. La valeur de log sin π, donnée dans la *Connaissance des Temps* de 6 heures en 6 heures, s'interpole facilement. Pour faciliter le calcul de ce second terme, j'ai utilisé la table suivante.

TABLEAU XVIII

log sin π	Correction +	Correction −	log sin π	log sin π	Correction +	Correction −	log sin π
8,2200	0m000	0m000	8,2200	8,2380	0m090	0m090	8,2020
8,2200	0,010	0,010	8,2180	8,2400	0,100	0,100	8,2000
8,2240	0,020	0,020	8,2160	8,2420	0,110	0,110	8,1980
8,2260	0,030	0,030	8,2140	8,2440	0,120	0,120	8,1960
8,2280	0,040	0,040	8,2120	8,2460	0,130		
8,2300	0,050	0,050	8,2100	8,2480	0,140		
8,2320	0,060	0,060	8,2080	8,2500	0,150		
8,2340	0,070	0,070	8,2060	8,2520	0,160		
8,2360	0,080	0,080	8,2040	8,2540	0,170		

J'ai admis log sin P = 8,2200, ce qui correspond à P = 57′3″,3, soit pour la distance moyenne de la Lune : D = 60,258, exprimée en rayons équatoriaux, alors que la valeur admise dans la *Connaissance des Temps* est : P = 57′2″,7

correspondant à une distance moyenne de la Lune : D = 60,266. La correction nécessaire, pour passer de la distance admise ici à celle de la *Connaissance des Temps* (+ 0^m,00035), est négligeable.

Le troisième terme a pour but de ramener toutes les observations à la distance moyenne de la Terre au Soleil. La quantité entre crochets représente la distance de la Lune au Soleil.

Etant donnée l'approximation cherchée, il y a intérêt à simplifier le calcul. On peut supprimer le facteur $\frac{\sin P}{\sin \pi_0}$, ce qui revient à remplacer la distance vraie de la Lune par sa distance moyenne D, et exprimer directement D en unités astronomiques.

Les valeurs de log R s'interpolent directement dans les tables de la *Connaissance des Temps* ; on calcule donc le terme 5 log R, ce qui revient à substituer la distance de la Terre au Soleil à celle de la Lune au Soleil. Le terme correctif à ajouter se calcule à part : il est égal à 5 log (1 + 0,00257 cos Θ). La table suivante, dans laquelle les valeurs de Θ sont arrondies en degrés, le fournit avec son signe.

TABLEAU XIX

Θ	5 log (1 + D cos Θ)	Θ
± 0°		± 180°
	— 0^m005 +	
35		145
	0,004	
52		128
	0,003	
63		117
	0,002	
74		106
	— 0,001 +	
84		96
	0	
90		90

La correction relative à la distance de la Lune au Soleil se calcule ainsi très rapidement, avec une erreur inférieure au millième de magnitude.

La somme algébrique des quatre termes figure dans la cinquième colonne du tableau XX, sous la dénomination *d*.

Toutes les fois qu'un étalon autre que la lampe L_1 a servi, la correction nécessaire est donnée dans la huitième colonne, sous la dénomination *l*.

Au lieu de prendre seulement l'observation choisie comme base, il est préférable d'utiliser plusieurs observations voisines dont on prend la moyenne. Une accolade indique, dans le relevé journalier, les observations dont on a pris la moyenne avant d'introduire la magnitude observée dans la septième colonne du tableau XX.

TABLEAU XX

Date		Θ	K	p	d	a	Obs.	l	$m_{\mathbb{C}}$	$B_{\mathbb{C}}$
1928										
Mai	2	— 21°0	(0,55)	—	— 0,11	— 0,94	— 1,18		— 2,23	+ 0,78
	3	— 9,6	(0,55)	—	— 0,12	— 1,10	— 1,62		— 2,84	+ 0,19
	24	— 108,1	(0,55)	—	+ 0,01	— 1,08	+ 1,48		+ 0,41	+ 2,29
Août	2	+ 16,9	0,55	1	— 0,01	— 1,52	— 0,87		— 2,40	+ 0,62
	6	+ 68,7	0,54	3	+ 0,06	— 0,80	— 0,37		— 1,11	+ 1,52
	7	+ 81,6	0,56	3	+ 0,08	— 0,87	+ 0,12		— 0,67	+ 1,78
Septembre	3	+ 51,6	0,46	2	+ 0,10	— 0,65	— 0,87		— 1,42	+ 1,39
	4	+ 64,8	0,54	3	+ 0,08	— 0,82	— 0,60		— 1,34	+ 1,33
	5	+ 78,3	0,46	3	+ 0,09	— 0,70	+ 0,07		— 0,54	+ 1,95
Octobre	28	— 2,9	0,30	2	+ 0,18	— 0,39	— 2,73		— 2,94	+ 0,10
1929										
Septembre	22	+ 50,4	0,399	5	+ 0,067	— 0,528	— 1,442	+ 0,193	— 1,71	+ 1,11
	23	+ 63,8	0,431	4	+ 0,086	— 0,515	— 1,056	+ 0,193	— 1,29	+ 1,39
	26	+ 104,8	0,683	4	+ 0,114	— 0,819	+ 0,709	+ 0,193	+ 0,20	+ 2,17
	27	+ 118,1	0,505	4	+ 0,113	— 0,737	+ 0,522	+ 0,929	+ 0,83	+ 2,42
	28	+ 131,6	(0,68)	—	+ 0,107	— 1,325	+ 1,998	+ 0,929	+ 1,71	+ 2,81
1930										
Février	11	— 20,7	(0,60)	—	+ 0,21	— 0,66	— 2,14		— 2,59	+ 0,42
	12	— 5,2	0,600	3	+ 0,217	— 0,700	— 2,527		— 3,01	+ 0,03
Mars	8	— 81,4	0,90	1	+ 0,118	— 1,08	— 0,507	+ 0,929	— 0,55	+ 1,89
Avril	8	— 57,7	0,84	1	+ 0,125	— 1,04	— 0,493		— 1,37	+ 1,38
	9	— 44,4	0,60	1	+ 0,123	— 0,75	— 1,014		— 1,64	+ 1,23
Mai	3	— 115,3	0,81	1	+ 0,090	— 1,235	+ 1,015	+ 0,929	+ 0,80	+ 2,48
Octobre	6	— 9,6	(0,37)	—	— 0,066	— 0,520	— 2,273		— 2,86	+ 0,17
	7	+ 2,3	(0,37)	—	— 0,048	— 0,475	— 2,696		— 3,22	— 0,18
	9	+ 26,4	0,525	1	— 0,006	— 0,622	— 1,525		— 2,15	+ 0,82
	12	+ 63,2	0,332	1	+ 0,073	— 0,352	— 0,949		— 1,23	+ 1,46
	13	+ 76,4	0,400	5	+ 0,086	— 0,417	— 0,448		— 0,78	+ 1,74
	14	+ 89,7	0,374	4	+ 0,106	— 0,407	+ 0,046		— 0,26	+ 2,04
	15	+ 103,0	0,368	5	+ 0,124	— 0,439	+ 0,465		+ 0,15	+ 2,16
	16	+ 116,7	0,420	2	+ 0,137	— 0,618	+ 1,218		+ 0,74	+ 2,38
	18	+ 144,1	0,459	4	+ 0,142	— 1,191	+ 1,988	+ 1,449	+ 2,39	+ 2,87
Novembre	13	+ 98,5	0,70	1	+ 0,127	— 1,30	— 0,326	+ 1,449	— 0,05	+ 2,12
		+ 99,0	»	1	+ 0,132	— 1,03	— 0,472	+ 1,449	+ 0,08	
	14	+ 112,6	0,816	1	+ 0,135	— 1,172	— 0,017	+ 1,449	+ 0,39	+ 2,15
1931										
Février	24	— 100,7	0,770	2	+ 0,006	— 1,073	+ 1,192		+ 0,12	+ 2,19
Mars	5	+ 22,3	0,500	1	+ 0,182	— 0,895	— 1,489		— 2,20	+ 0,80
	24	— 119,6	0,432	2	— 0,008	— 0,640	+ 0,166	+ 1,449	+ 0,97	+ 2,51
		— 119,1	0,494	1	— 0,012	— 0,906	+ 0,402	+ 1,449	+ 0,93	
	25	— 107,1	0,468	2	+ 0,016	— 0,719	+ 1,117		+ 0,41	+ 2,32
	26	— 95,2	0,338	5	+ 0,049	— 0,397	+ 0,279		— 0,07	+ 2,12
	27	— 82,6	(0,36)	—	+ 0,080	— 0,395	— 0,279		— 0,59	+ 1,83
Avril	22	— 124,9	0,604	2	+ 0,010	— 0,960	+ 0,398	+ 1,880	+ 1,33	+ 2,69
	23	— 112,4	0,527	4	+ 0,035	— 0,742	— 0,529	+ 1,880	+ 0,64	+ 2,41
	25	— 87,0	0,429	2	+ 0,084	— 0,477	— 0,050		— 0,44	+ 1,90
	26	— 72,6	0,468	1	+ 0,102	— 0,615	— 0,616		— 1,13	+ 1,44
	27	— 59,7	0,394	5	+ 0,120	— 0,463	— 1,108		— 1,45	+ 1,28
	29	— 31,5	0,440	1	+ 0,131	— 0,636	— 1,680		— 2,19	+ 0,77

Date		Θ	K	p	d	a	Obs.	l	$m_{\mathbb{C}}$	$B_{\mathbb{C}}$
1931										
Mai	20	— 141°7	0,488	3	+ 0,012	— 1,223	+ 1,298	+ 1,880	+ 1,97	+ 2,61
	21	— 128,9	0,456	5	+ 0,032	— 0,937	+ 0,479	+ 1,880	+ 1,45	+ 2,69
	22	— 116,0	0,408	4	+ 0,051	— 0,659	— 0,548	+ 1,880	+ 0,72	+ 2,38
	24	— 89,8	0,427	4	+ 0,078	— 0,604	+ 0,207		— 0,32	+ 1,97
	25	— 76,3	0,422	5	+ 0,088	— 0,577	— 0,477		— 0,97	+ 1,55
	28	— 35,7	0,382	5	+ 0,079	— 0,709	— 1,476		— 2,11	+ 0,83
	29	— 22,1	0,360	3	+ 0,065	— 0,807	— 1,751		— 2,49	+ 0,48
		— 21,9	0,410	2	+ 0,060	— 1,109	— 1,505		— 2,55	
Août	2	+ 50,3	0,391	2	— 0,126	— 0,585	— 0,872		— 1,58	+ 1,24
	3	+ 61,4	0,406	5	— 0,121	— 0,553	— 0,612		— 1,29	+ 1,43
	5	+ 83,2	0,520	4	— 0,095	— 0,895	+ 0,496		— 0,49	+ 1,92
	7	+ 106,7	0,386	5	— 0,047	— 0,506	— 1,132	+ 2,000	+ 0,31	+ 2,23
	9	+ 131,0	0,353	2	+ 0,011	— 0,826	+ 0,242	+ 2,000	+ 1,43	+ 2,56
	10	+ 143,9	0,366	4	+ 0,042	— 1,092	+ 1,200	+ 2,000	+ 2,15	+ 2,64
	29	+ 20,4	0,465	2	— 0,120	— 0,724	— 1,622		— 2,47	+ 0,55
		+ 20,6	0,545	2	— 0,119	— 0,786	— 1,544		— 2,45	
	31	+ 42,5	0,342	4	— 0,112	— 0,432	— 1,258		— 1,80	+ 1,09
Septembre	1	+ 53,7	0,440	4	— 0,102	— 0,528	— 0,864		— 1,49	+ 1,30
	5	+ 99,9	0,332	5	— 0,007	— 0,457	+ 0,517		+ 0,05	+ 2,14
	6	+ 112,6	0,400	3	+ 0,032	— 0,533	+ 0,958		+ 0,46	+ 2,23
	9	+ 152,3	(0,332)	—	+ 0,114	— 1,340	+ 2,134	+ 2,076	+ 2,99	+ 2,90
	29	+ 34,6	0,564	2	— 0,086	— 0,700	— 1,172		— 1,96	+ 0,98
Octobre	1	+ 56,9	0,816	1	— 0,056	— 1,172	— 0,208		— 1,44	+ 1,32
	4	+ 92,9	0,556	1	+ 0,027	— 0,981	+ 0,762		— 0,19	+ 2,04
	5	+ 106,4	0,579	2	+ 0,070	— 0,855	— 0,914	+ 2,000	+ 0,30	+ 2,23
	30	+ 50,2	0,466	3	— 0,007	— 0,642	— 1,017		— 1,67	+ 1,16
Novembre	1	+ 74,7	0,459	3	+ 0,043	— 0,695	— 0,096		— 0,75	+ 1,80
	2	+ 87,6	(0,465)	—	+ 0,073	— 0,746	+ 0,382		— 0,29	+ 2,04
	3	+ 101,2	0,387	3	+ 0,108	— 0,552	+ 0,550		+ 0,11	+ 2,16
	4	+ 115,1	0,468	3	+ 0,138	— 0,676	+ 1,151		+ 0,61	+ 2,30
	30	+ 69,3	0,470	4	+ 0,088	— 0,745	— 0,106		— 0,77	+ 1,85
Décembre	15	— 103,2	(0,485)	—	— 0,031	— 0,932	+ 0,946		— 0,02	+ 1,99
	16	— 92,3	0,485	3	— 0,042	— 0,727	+ 0,455		— 0,31	+ 1,93
	17	— 81,0	(0,485)	—	— 0,051	— 0,677	+ 0,196		— 0,53	+ 1,91
	19	— 58,0	0,464	2	— 0,052	— 0,800	— 0,541		— 1,39	+ 1,36
	22	— 24,8	0,367	4	+ 0,008	— 0,381	— 0,455	— 1,561	— 2,39	+ 0,60
	23	— 13,3	0,380	3	+ 0,031	— 0,404	— 0,790	— 1,573	— 2,74	+ 0,30
	24	— 4,8	0,580	2	+ 0,039	— 0,887	— 0,719	— 1,573	— 3,14	— 0,09
		± 4,8	0,350	3	+ 0,053	— 0,401	— 1,129	— 1,573	— 3,05	0
	25	+ 13,5	0,340	3	+ 0,075	— 0,354	— 0,801	— 1,558	— 2,64	+ 0,39
	27	+ 38,2	0,358	3	+ 0,105	— 0,442	— 0,067	— 1,558	— 1,96	+ 0,95
	28	+ 50,9	0,368	3	+ 0,111	— 0,613	+ 0,386	— 1,558	— 1,67	+ 1,14
	30	+ 77,4	0,348	2	+ 0,125	— 0,905	+ 0,042		— 0,74	+ 1,77
		+ 77,8	0,376	2	+ 0,131	— 0,704	— 0,139		— 0,71	
1932										
Janvier	14	— 102,1	(0,38)	—	— 0,048	— 0,560	+ 0,586		— 0,02	+ 2,01
	15	— 91,5	(0,38)	—	— 0,045	— 0,454	+ 0,140		— 0,36	+ 1,91
		— 91,0	(0,38)	—	— 0,047	— 0,495	+ 0,196		— 0,35	
	16	— 80,4	0,378	4	— 0,040	— 0,429	— 0,272		— 0,74	+ 1,71
	17	— 69,2	0,404	3	— 0,024	— 0,442	— 0,624		— 1,09	+ 1,53
	18	— 58,1	(0,38)	—	— 0,010	— 0,437	— 0,970		— 1,42	+ 1,33
		— 57,5	(0,38)	—	— 0,005	— 0,402	— 1,016		— 1,42	+ 1,33
	19	— 45,4	(0,38)	—	+ 0,008	— 0,402	— 1,222		— 1,62	+ 1,25
		— 44,8	(0,38)	—	+ 0,015	— 0,473	— 1,250		— 1,71	+ 1,16
	21	— 21,2	0,365	4	+ 0,076	— 0,378	— 0,522	— 1,569	— 2,39	+ 0,62

Date		Θ	K	p	d	a	Obs.	l	$m_{\mathbb{C}}$	$B_{\mathbb{C}}$
1932										
Janvier	22	— 8°7	0,365	4	+ 0,103	— 0,385	— 0,973	— 1,567	— 2,82	+ 0,22
	23	+ 6,3	0,415	4	+ 0,123	— 0,471	— 0,918	— 1,551	— 2,82	+ 0,22
		+ 6,8	0,397	5	+ 0,129	— 0,432	— 0,966	— 1,551	— 2,82	
	24	+ 19,5	0,398	5	+ 0,143	— 0,447	— 0,583	— 1,551	— 2,44	+ 0,56
	25	+ 32,6	0,355	4	+ 0,150	— 0,441	— 0,264	— 1,551	— 2,11	+ 0,84
	26	+ 46,0	0,370	5	+ 0,150	— 0,565	+ 0,274	— 1,549	— 1,69	+ 1,16
Février	17	— 53,6	0,387	2	+ 0,042	— 0,520	— 0,931		— 1,41	+ 1,38
	18	— 41,3	0,376	5	+ 0,076	— 0,444	— 1,440		— 1,81	+ 1,09
	19	— 28,9	0,50	1	+ 0,109	— 0,552	— 1,563		— 2,01	+ 0,96
	20	— 14,8	(0,47)	—	+ 0,136	— 0,571	— 0,541	— 1,546	— 2,52	+ 0,50
		— 13,1	0,38	1	+ 0,125	— 0,869	— 0,277	— 1,546	— 2,57	+ 0,46
	21	— 2,0	0,417	3	+ 0,158	— 0,515	— 1,134	— 1,546	— 3,04	0
Mars	12	— 121,1	0,603	2	— 0,068	— 0,884	+ 0,036	+ 2,010	+ 1,09	+ 2,58
	14	— 98,5	0,67	1	— 0,032	— 0,805	— 1,132	+ 2,010	+ 0,04	+ 2,19
	15	— 86,9	0,349	4	— 0,008	— 0,394	— 0,044		— 0,45	+ 1,90
	18	— 49,9	0,563	2	+ 0,090	— 0,639	+ 0,454	— 1,546	— 1,64	+ 1,19
		— 49,0	»	—	+ 0,094	— 0,669	+ 0,418	— 1,546	— 1,69	+ 1,14
	23	+ 21,6	(0,37)	—	+ 0,171	— 0,773	— 1,613		— 2,22	+ 0,79
Avril	10	— 128,7	(0,37)	—	— 0,075	— 0,609	+ 0,048	+ 2,043	+ 1,41	+ 2,62
Octobre	11	— 30,0	0,312	3	— 0,043	— 0,468	— 0,166	— 1,549	— 2,23	+ 0,73
	12	— 18,2	0,355	3	— 0,054	— 0,478	— 0,527	— 1,549	— 2,61	+ 0,41
	13	— 6,8	(0,355)	—	— 0,066	— 0,440	— 0,796	— 1,549	— 2,85	+ 0,19
	14	+ 4,2	0,406	2	— 0,082	— 0,652	— 0,825	— 1,549	— 3,11	— 0,07

Dans ce cas, c'est la moyenne des valeurs brutes qui a été faite et non pas celle de m_c qui a servi à déterminer l'absorption.

Pour calculer la correction d'absorption on a pris la moyenne des valeurs de séc z.

La valeur de Θ et les différents termes de la correction de distance ont été calculés pour l'heure moyenne de l'ensemble des observations utilisées.

La colonne $m_{\mathbb{C}}$ donne les magnitudes de la Lune, rapportées à l'origine qui a été définie au début.

La colonne $B_{\mathbb{C}}$ donne les brillances de la Lune, rapportées à celle de la pleine Lune prise pour origine (voir chap. VI).

$$B_{\mathbb{C}} = m_{\mathbb{C}} - 2{,}5 \log \frac{1 + \cos \Theta}{2} + 3^{m},04.$$

La courbe de lumière de la Lune est représentée fig. 25 en haut et celle de la brillance globale en bas.

Les valeurs qui correspondent aux déterminations affectées de poids 5 et 4, sont figurées par des points entourés d'un cercle ; des croix représentent les déterminations de poids 3 et 2, et des points les déterminations médiocres

de poids 1, ainsi que les valeurs qui résultent d'une estimation du coefficient K (1).

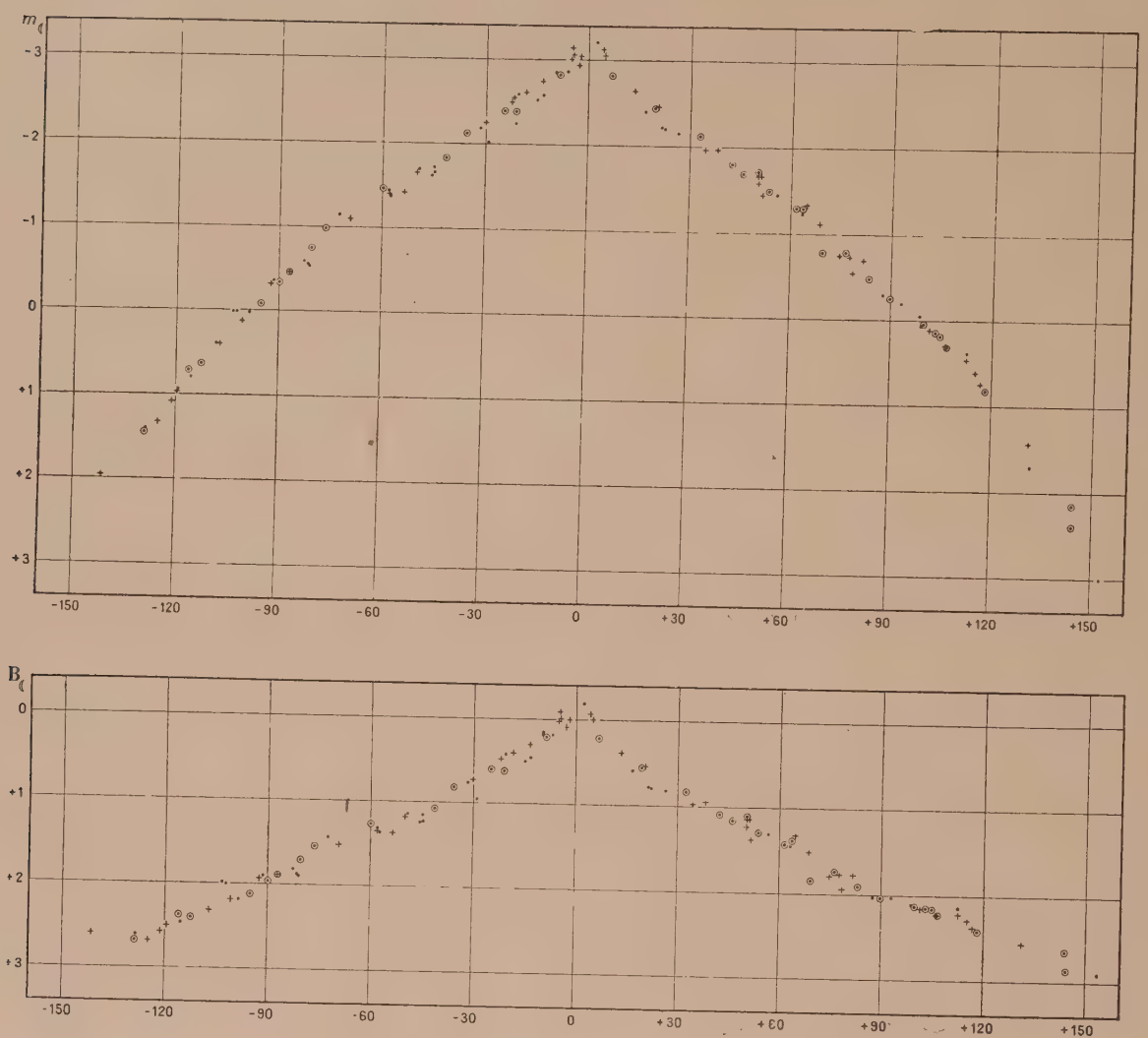


Fig. 25.

(1) Parmi les soirées pour lesquelles sur le tableau je donne deux valeurs, j'ai souvent pris leur moyenne pour placer le point correspondant. Pour les trois soirées suivantes la moyenne a été faite seulement pour la brillance globale ; on a donc sur la figure 25 :

Date		Θ	$m_{\mathbb{C}}$	$B_{\mathbb{C}}$
1930 Novembre	13.....	+ 99°	2 points	1 point
1931 Mars	24.....	— 119°	1 croix, 1 point	1 croix
Mai	29.....	— 22°	2 croix	1 croix

CHAPITRE V

DISCUSSION DES OBSERVATIONS VARIATIONS DE L'ABSORPTION ATMOSPHÉRIQUE

Pour déterminer la valeur de K propre à chaque soirée, j'ai employé la méthode de Bouguer, en tenant compte des variations d'éclairement provoquées par la variation de la distance de notre satellite et par la variation de son angle de phase, pendant la durée des observations. C'est pour cette raison que les mesures de la Lune sont prolongées pendant un temps suffisamment long pour que la masse d'air traversée varie notablement. Cette méthode exige que l'atmosphère reste homogène pendant toute la séance d'observations : la discussion des observations montrera dans quelle mesure cette condition essentielle est satisfaite.

La sélectivité de la cellule limite seule l'étendue du domaine spectral sur lequel portent les mesures. La courbe de sensibilité, donnée plus haut, montre que 94 p. 100 de l'effet total provient des longueurs d'onde comprises dans l'intervalle $390^{m\mu}$-$500^{m\mu}$. Dans ce domaine K_λ varie rapidement en fonction de la longueur d'onde et on est en droit de se demander si, dans un intervalle aussi étendu, il est possible de définir un coefficient d'absorption moyen K. En fait, les observations ici discutées prouvent qu'il est possible d'obtenir des résultats cohérents en définissant un tel coefficient.

A cause de la valeur élevée de K_λ dans tout l'intervalle où la cellule est pratiquement sensible, on peut s'attendre *a priori* à trouver, d'une nuit à l'autre et éventuellement durant une même soirée d'observation, des variations de la transparence beaucoup plus marquées que dans les mesures faites visuellement. Les observations confirment cette supposition et la cellule au potassium se prête bien à l'étude des causes qui peuvent intervenir pour faire varier le coefficient de transmission de l'atmosphère.

L'examen de trois soirées, choisies au hasard parmi celles qui ont donné

une bonne détermination de K, montre que, dans le court intervalle de temps où sont exécutés les pointés dont l'ensemble constitue une mesure, l'erreur moyenne sur la détermination de l'éclairement ne dépasse que très exceptionnellement 1/200e. Nous admettrons que cette précision du 1/200e doit être considérée comme la limite qui ne doit pas être dépassée dans une mesure bien conduite. Si l'erreur moyenne d'une mesure devient supérieure à cette limite, nous admettrons que l'absorption a pu varier d'une manière sensible pendant la mesure.

Mais pour se rendre compte du degré de confiance qu'on peut accorder aux valeurs de K déterminées par la méthode suivie ici, il faut examiner d'abord le problème de sa variation possible au cours d'une soirée de ciel paraissant pur.

I. — Fluctuations a évolution lente

Les observations mettent en évidence des fluctuations à évolution lente et des fluctuations à évolution rapide. La soirée du 2 mars 1931 a présenté à la fois les deux genres de fluctuations : quoique le ciel n'ait pas laissé apercevoir de nébulosité appréciable à l'œil, il est hors de doute que l'atmosphère n'a jamais été homogène à aucun instant.

Laissant de côté pour l'instant les fluctuations à évolution rapide, je ne considère que les fluctuations à évolution lente. Le graphique (fig. 26) des valeurs de m_c en fonction de M suggère immédiatement l'hypothèse de variations importantes de la transparence de l'atmosphère ; il est impossible de représenter les observations par une droite.

Cette soirée est absolument inutilisable pour la détermination de l'éclairement donné par la Lune. Mais cet éclairement étant considéré comme connu, les observations permettent de calculer facilement le facteur de transmission de l'atmosphère dans la direction de la Lune, à l'instant de chaque observation.

La courbe expérimentale d'éclairement fournit en effet, pour l'angle de phase Θ correspondant à chaque observation, la magnitude de la Lune pour une observation géocentrique, exécutée aux distances moyennes de la Lune et du Soleil, et non affectée par l'absorption atmosphérique. La magnitude topocentrique de la Lune, à l'instant de chaque observation, s'obtient aisément en appliquant à la magnitude géocentrique la correction totale de distance changée de signe.

La différence de la magnitude topocentrique calculée et de la magnitude

brute observée donne la perte de magnitude due à l'absorption à l'instant de chaque observation. Soit Δm_a, cette perte de magnitude

$$K = \frac{\Delta m_a}{M},$$

d'où la valeur T du facteur de transmission de l'atmosphère dans la direction de la Lune pour chaque observation.

Fig. 26.

Le graphique des valeurs de T en fonction du temps est donné figure 28. La variation de T atteint 20 p. 100.

Des variations irrégulières de la transmission s'observent non seulement pour de faibles valeurs de T, comme dans le cas précédent, mais aussi pour des valeurs normales. La soirée du 15 janvier 1932 à Sanary en est un exemple frappant. Au début des observations, la transparence du ciel était aussi bonne qu'on pouvait le souhaiter, toutefois des variations irrégulières se manifestaient déjà

(fig. 27). L'absorption a ensuite augmenté notablement tout en variant irré-

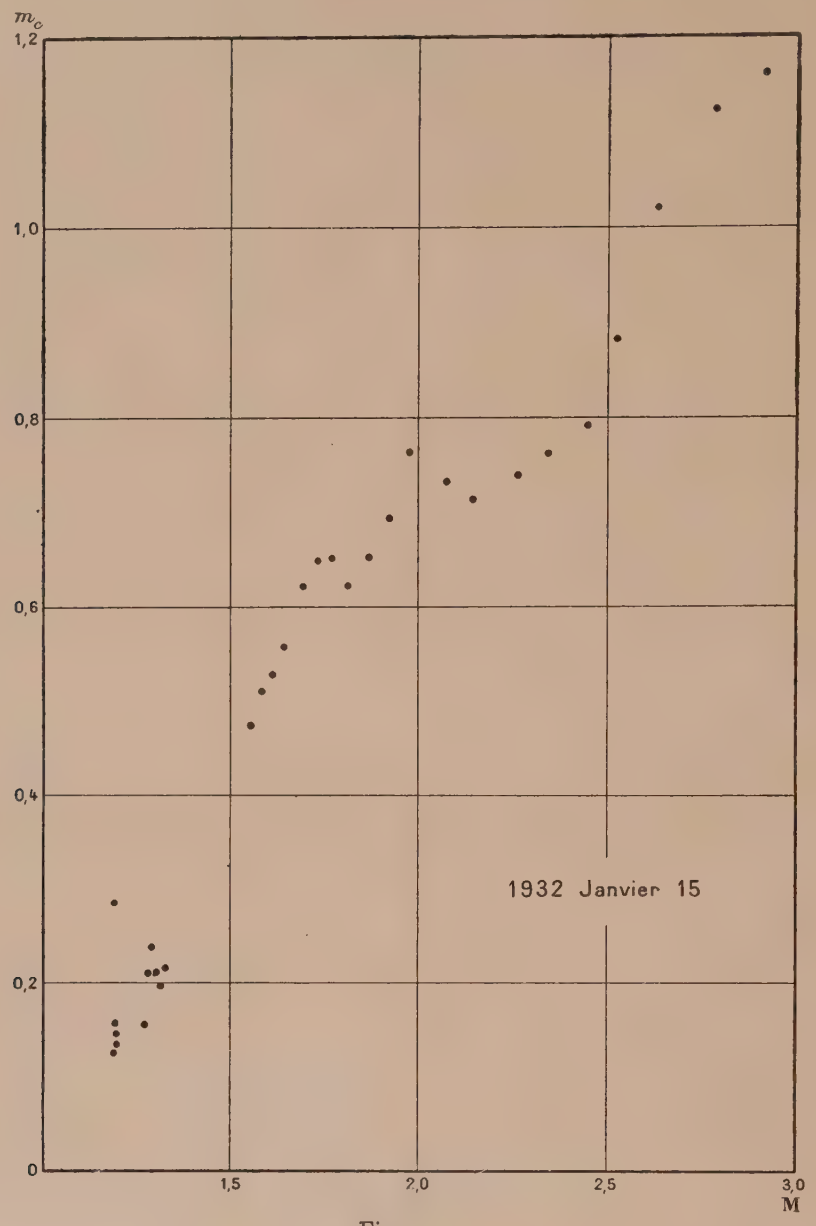


Fig. 27.

gulièrement. On constate également un écart de 20 p. 100 entre les valeurs extrêmes de T (fig. 28).

Peut-on attribuer de semblables variations à des conditions météorologiques défavorables ? Pour répondre à cette question, nous allons examiner la situation météorologique dans la région, non seulement le 15 janvier mais aussi les jours qui l'ont précédé.

Le 11 janvier, il était tombé une pluie torrentielle.

Le 12 janvier, le temps s'améliore sans que le ciel devienne pur à aucun instant. Beau nuageux l'après-midi à 3 heures.

Le 13 janvier, le ciel a été très pur l'après-midi ; les nuages ont envahi le ciel un peu avant le coucher du Soleil, empêchant toute observation.

Le 14 janvier, ciel très pur l'après-midi ; les premiers nuages se forment avant le coucher du Soleil. Entre 6^h36^m et 7^h10^m sept mesures sont possibles dans une belle éclaircie, très pure en apparence. Le ciel se couvre ensuite.

Le 15 janvier, ciel très pur l'après-midi et pur en apparence pendant la nuit. Les observations de la Lune montrent que la transparence décroît progressivement en variant d'une manière irrégulière. Le ciel n'avait pas cessé d'être pur en apparence à l'heure où les observations furent interrompues, mais les variations constatées présageaient un temps nuageux. En fait, la carte de l'état du ciel le 16 janvier à 7 heures T. U. présente un noyau nuageux sur la région.

Le 16 janvier, nuit très pure et bonne détermination du facteur de transmission. K = 0 m. 378 ; T = 0,706.

Il paraît légitime de conclure que le 15 janvier la situation météorologique était troublée comme les jours précédents, quoique la pureté apparente du ciel ait persisté plus avant dans la nuit. Les conditions ne sont redevenues normales que dans la soirée du 16.

Le graphique (fig. 28) des valeurs de T de la soirée du 26 janvier 1932, obtenu dans une période de beau temps très stable, donne une idée de la précision avec laquelle il est possible de déterminer les valeurs individuelles de T.

La nuit du 25 avril 1931 a présenté les mêmes caractères que celle du 15 janvier 1932.

L'examen des valeurs de m_c en fonction de M ne permet pas de douter de l'existence des fluctuations à évolution lente. Toutefois la détermination de la droite de Bouguer avait été possible, en utilisant la première observation et les trois dernières ; il avait paru naturel, lors de la réduction des observations, de faire l'hypothèse que la droite d'absorption devait passer par les points qui correspondaient à la moindre absorption.

L'hypothèse était exacte, comme on peut le voir sur le graphique des valeurs de T (fig. 28), mais la réussite ne peut être attribuée qu'à de la chance. C'est une première chance d'avoir commencé les mesures assez tôt ; c'en est une

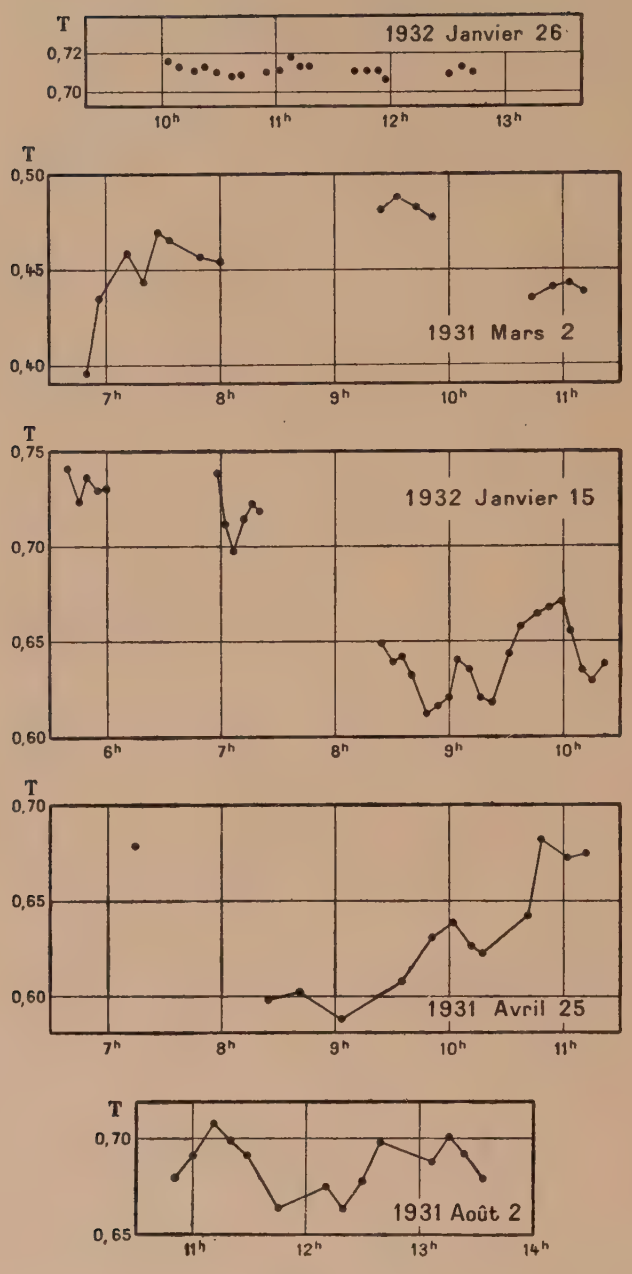

T
0,72
0,70
10h
11h
12h
13h
1932 Janvier 26
T
0,50
0,45
0,40
7h
8h
9h
10h
11h
1931 Mars 2
T
0,75
0,70
0,65
0,60
6h
7h
8h
9h
10h
1932 Janvier 15
T
0,70
0,65
0,60
7h
8h
9h
10h
11h
1931 Avril 25
T
0,70
0,65
11h
12h
13h
14h
1931 Août 2

Fig. 28.

seconde d'avoir retrouvé, à la fin de la soirée, des conditions de transparence atmosphérique presque identiques à celles du début.

La nuit précédente et la nuit suivante ont été nuageuses toutes deux ; la situation météorologique était donc instable, malgré la pureté apparente du ciel le 25.

Pour toutes ces raisons, une détermination comme celle-ci ne mérite qu'un très faible crédit et ne doit intervenir qu'avec un poids très faible dans le tracé de la courbe.

On retrouve le même caractère, mais bien atténué, dans la nuit du 2 août 1931 (fig. 28). L'amplitude totale des variations de T n'atteint plus que 7 p. 100. La détermination de la droite de Bouguer comporte évidemment quelque incertitude, mais la valeur de K mérite déjà un poids plus élevé.

II. — Variations a évolution lente se développant dans un même sens

La nuit du 22 mars 1932, dont la première partie a été nuageuse avec belles éclaircies, et la seconde partie pure sans nébulosité apparente, illustre le mieux l'influence de la situation météorologique locale sur la transparence du ciel.

Au début de la nuit, on constate des variations irrégulières de l'absorption, analogues à celles qui viennent d'être décrites, pendant que les mesures sont exécutées dans une très large éclaircie (fig. 29). A 10 heures les nuages interrompent les observations. Le ciel, complètement couvert, se dégage vers 12 heures et les mesures sont reprises à 12^h30^m par un ciel complètement dépourvu de nuages ; elles sont poursuivies pendant deux heures jusqu'au moment où la distance zénithale de la Lune est jugée trop grande. Pendant cette seconde série, les observations accusent une augmentation progressive de la transparence qui persiste pendant deux heures. T passe de 0,57 à 0,61.

Une variation de cette nature est beaucoup plus dangereuse qu'une variation irrégulière pour l'observateur qui se propose de déterminer la pente de la droite de Bouguer, car elle peut conduire à des valeurs de K entièrement erronées.

Comme la Lune descend le 22 mars pendant que la transparence augmente, on sera conduit à adopter une valeur de K trop faible pour réduire les observations. Si la Lune monte au contraire, la variation de la transparence conservant le même sens, la valeur de K sera trop grande.

Ce cas se présente le 4 septembre 1931 à Sanary. Les circonstances météorologiques sont les suivantes.

A minuit le ciel est entièrement couvert depuis plus de deux jours. A

14 heures le mistral souffle déjà avec force et les nuages se dissipent rapidement. A 14^h20^m le ciel est entièrement dégagé de nuages et le ciel paraît très pur.

Les observations sont poursuivies jusqu'à l'aube à 15^h45^m.

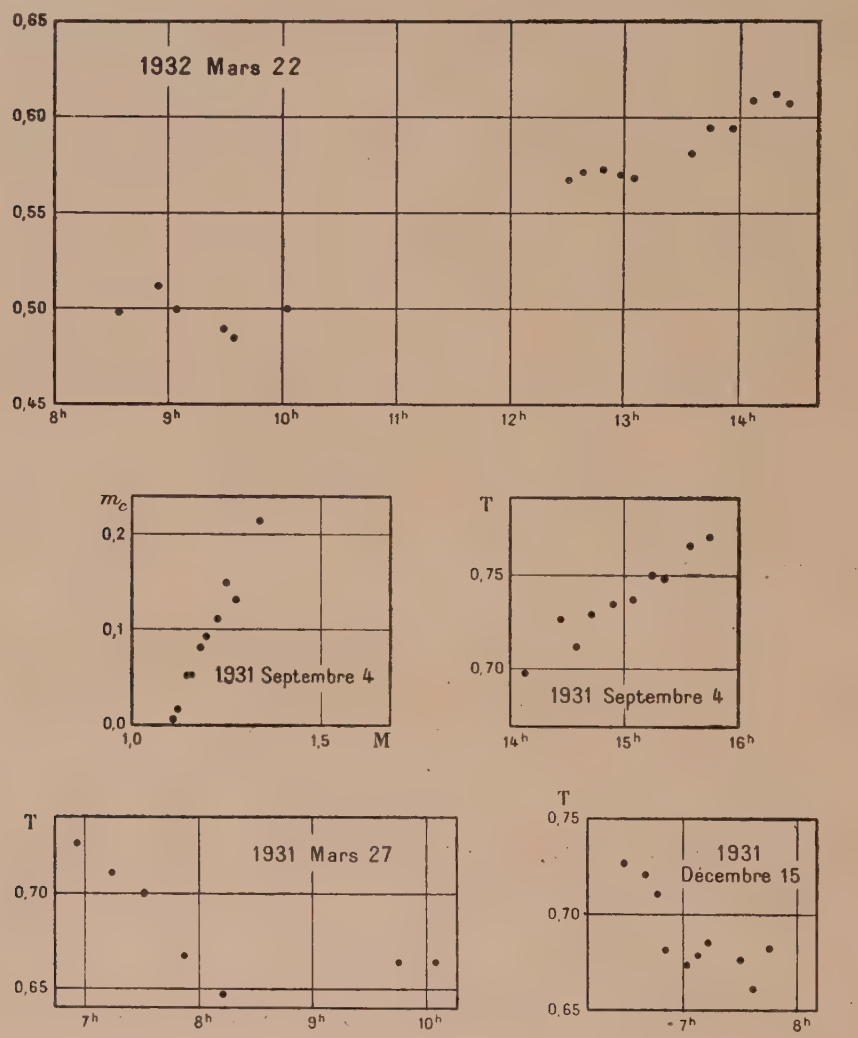


Fig. 29.

On voit sur le graphique (fig. 29) que les points peuvent se placer sur une droite d'une manière satisfaisante. Mais la pente de cette droite est telle que la valeur de K qu'on pourrait en déduire doit être considérée dès le premier abord comme fausse. Pour légitimer cette manière de voir, nous avons d'abord le témoi-

gnage des sens ; au premier coup d'œil, le ciel a paru d'une pureté parfaite ; ensuite le fait que le mistral est toujours accompagné d'une transparence très grande. Les valeurs de K les plus faibles se trouvent quand ce vent souffle.

Le graphique des valeurs de T calculées à partir de la courbe expérimentale d'éclairement (fig. 29) montre que le facteur de transmission a augmenté très progressivement, aux erreurs d'expérience près, de 10 p. 100 de sa valeur initiale.

On trouve inversement que la transparence diminue par ciel pur avant l'arrivée des nuages. Par exemple le 27 mars 1931 les observations commencent par ciel très pur et le facteur de transmission diminue rapidement passant de 0,73 à 0,65 avant l'apparition des nuages à 8^h20^m (fig. 29). Entre 9^h45^m et 10^h deux mesures sont encore tentées dans de brèves éclaircies.

Le même cas se présente le 15 décembre 1931, à Sanary. Les circonstances météorologiques sont les suivantes. Le matin le ciel est très brumeux ; il est pur l'après-midi, sauf quelques légers nuages vers la fin. Le ciel paraît pur pendant les observations, mais devient nuageux aussitôt après. Le facteur de transmission diminue mais irrégulièrement (fig. 29).

On retrouve deux cas d'augmentation de la transparence après disparition des nuages le 19 décembre 1931 (fig. 30) et le 23 décembre 1931 (fig. 31). L'allure différente des graphiques est due au fait que dans le premier cas la Lune descendait sur l'horizon, tandis que dans le deuxième cas elle s'élevait. A ces deux dates les observations ont duré suffisamment longtemps pour que les facteurs de transmission atteignent respectivement une valeur pratiquement constante (fig. 30 et 31).

Le ciel est nuageux sur toute la Provence à 18 heures T. U., le 19 décembre, d'après la carte de l'O. N. M. ; les nuages se sont dissipés peu de temps avant le début des observations. Toutefois, l'absorption a diminué à partir de cet instant pendant plus de trois heures. Des nuages légers ont été visibles en permanence à l'ouest : la carte de l'état du ciel à 7 heures T. U., le 20 décembre, montre que le ciel est resté pur avec zone nuageuse à l'ouest.

L'après-midi du 23 janvier a été brumeuse avec dans le ciel quelques nuages légers qui se sont dissipés après le coucher du Soleil. Le ciel ne semblait plus brumeux au moment où les observations ont commencé. En fait, la transparence s'est stabilisée une heure et demie après le début des mesures.

L'examen des cas précédents a permis de mettre en évidence l'étroite dépendance des variations de la transparence et de la situation météorologique, avant l'arrivée de la perturbation visible ou après sa disparition.

Il n'est donc pas surprenant que des droites de Bouguer qui paraissent bien déterminées, n'aient aucune signification physique. Certaines peuvent s'éliminer

immédiatement par le simple examen des conditions météorologiques, notées au moment de l'observation.

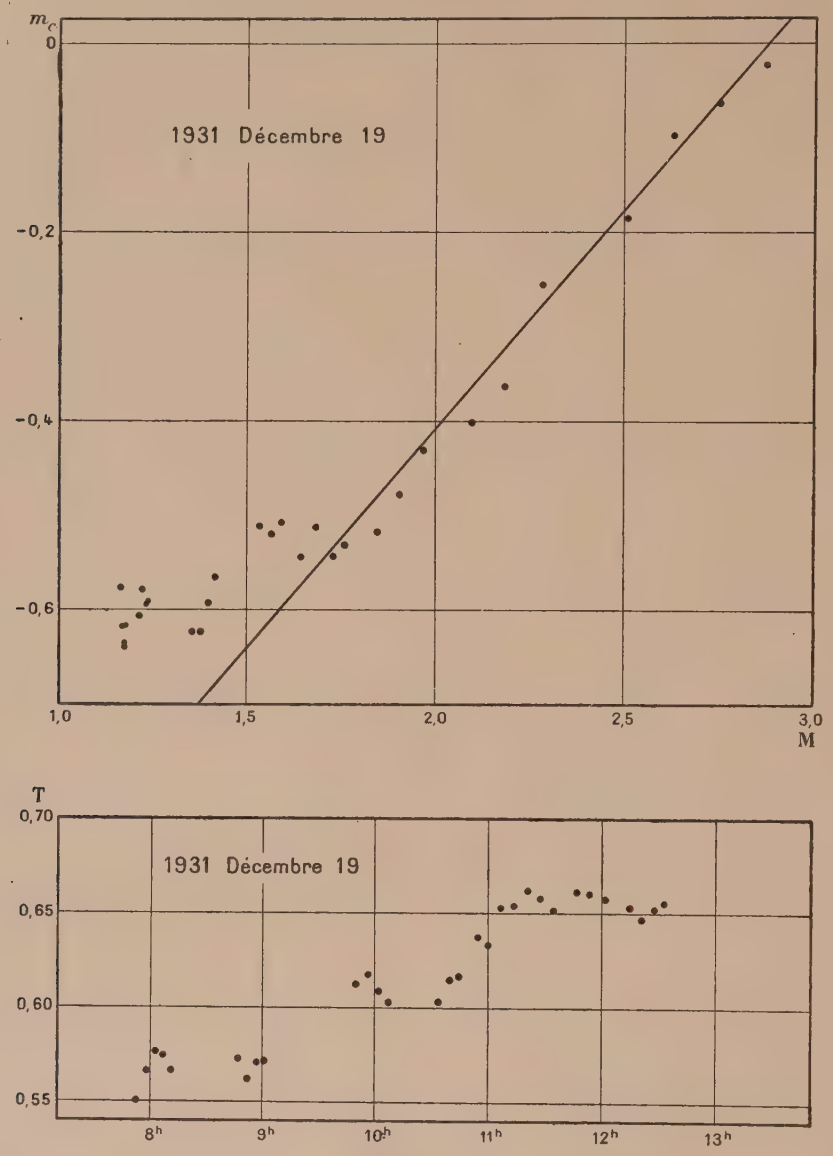


Fig. 30.

Telles sont les quatre suivantes : 28 avril 1931. Ciel nuageux dans la journée. Les mesures ont été exécutées dans les éclaircies paraissant assez pures : il subsistait toutefois un voile léger. Eclaircie permanente au Nord-Ouest.

4 août 1931. Soirée nuageuse ; les mesures ont commencé sur la Lune au

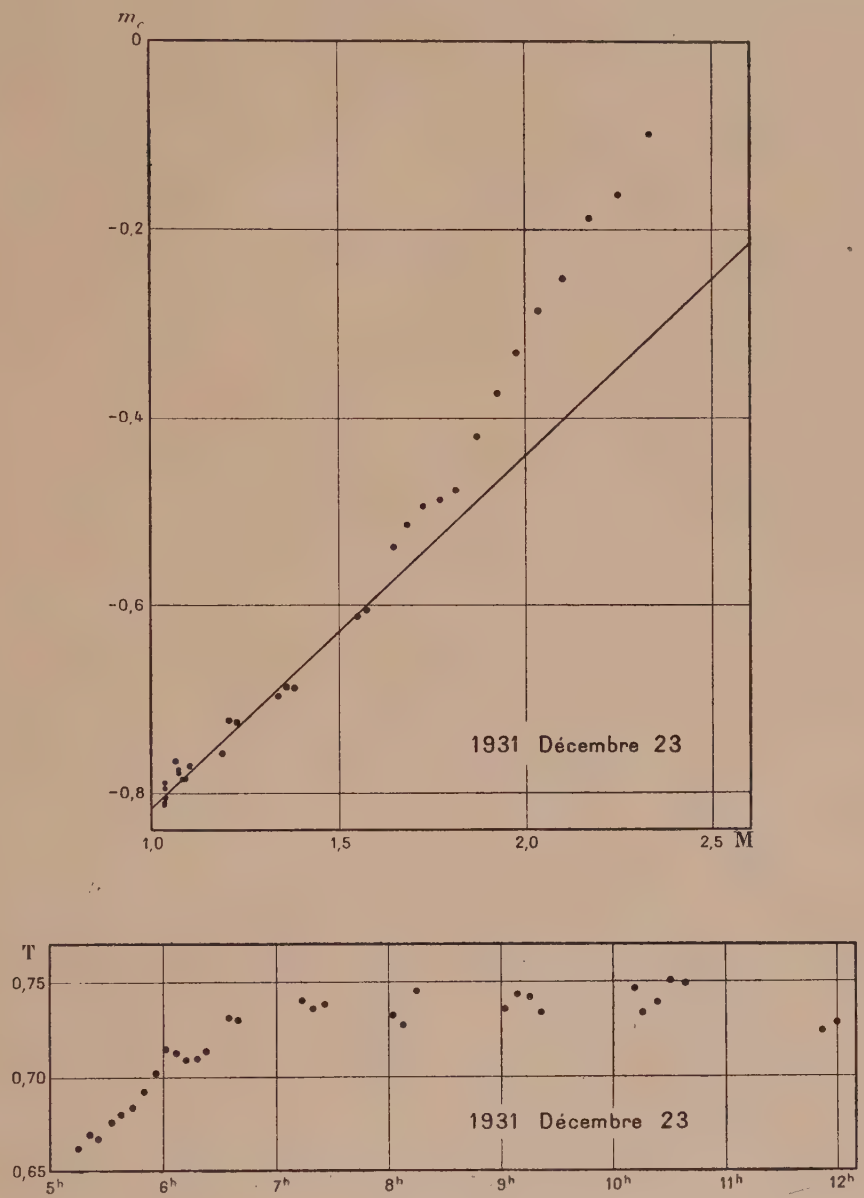


Fig. 31.

moment où elle se dégageait des nuages. Ensuite ciel brumeux sans nuage apparent ; nuit tiède sans trace de rosée.

6 août 1931. Ciel très brumeux : devient de moins en moins brumeux. A la fin peu brumeux à l'horizon. L'absorption a sûrement varié au cours de la soirée.

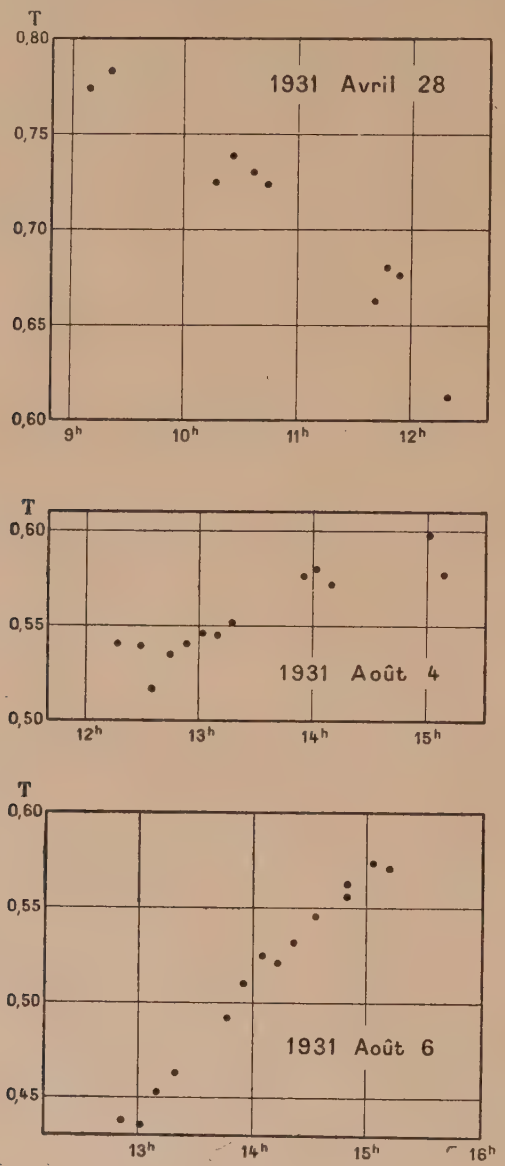


Fig. 32.

30 août 1931. Ciel légèrement brumeux ; pour cette raison on a attendu que la Lune soit haute sur l'horizon.

Les graphiques de la transparence au cours des trois premières soirées sont donnés (figure 32).

On se demandera avec juste raison pourquoi, étant donné les conditions

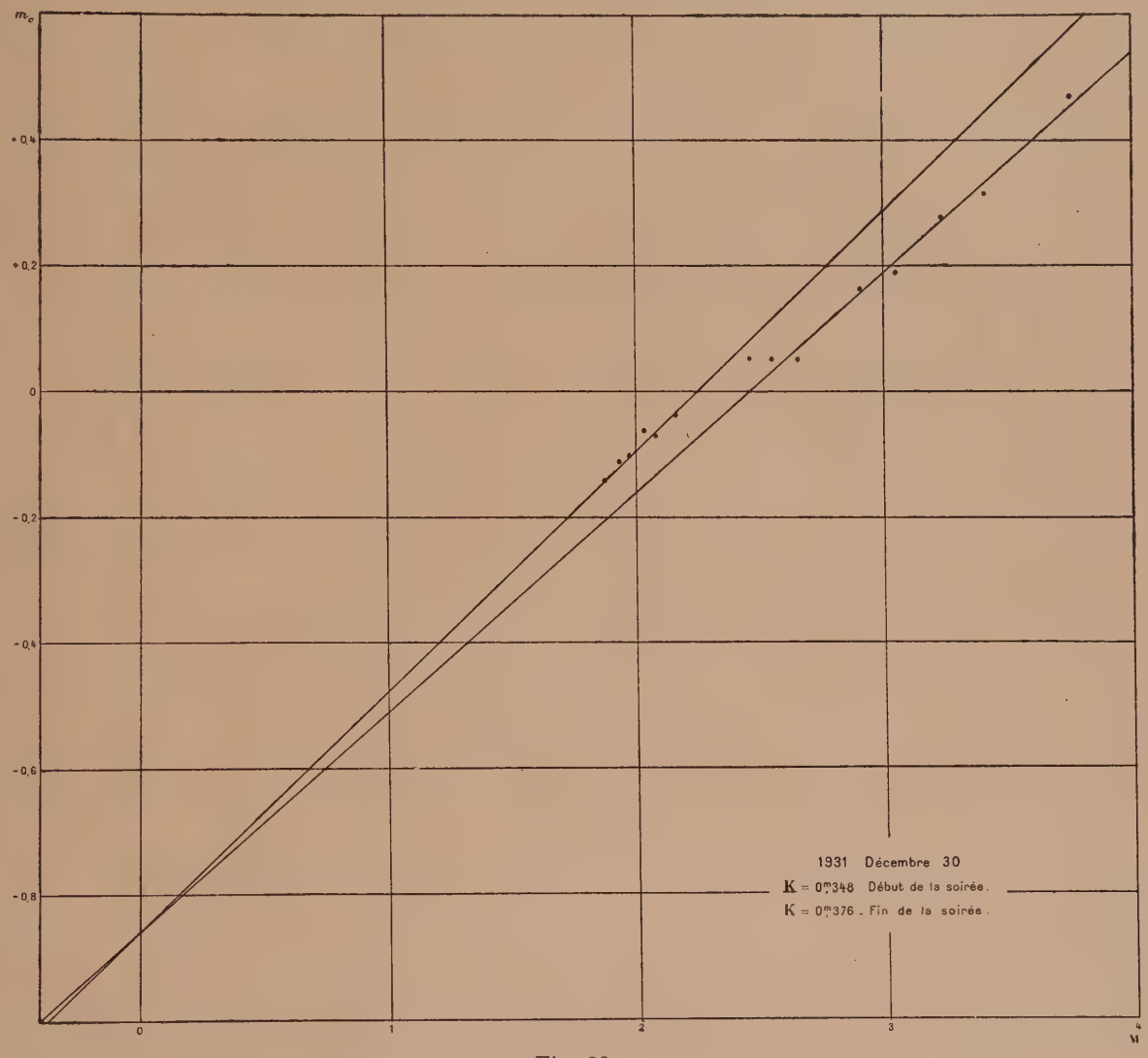


Fig. 33.

défavorables, les observations ont été poursuivies pendant ces quatre nuits. Cela tient uniquement à l'espoir de l'observateur de voir les conditions s'améliorer au point de permettre une détermination. Si le travail avait été interrompu très légitimement au début de ces quatre nuits, il l'aurait été également les

19 et 23 décembre 1931 non moins légitimement, si l'on considère les premières observations. En appliquant le principe du moindre effort un certain nombre d'autres belles soirées auraient aussi été perdues.

Du reste, il est possible, dans certains cas, de tirer parti des observations effectuées au cours d'une soirée où la transparence a varié. L'examen de certains graphiques, établis pour la détermination de la droite de Bouguer, suggère la possibilité de variations irrégulières par saut brusque comme si le coefficient de transmission conservait une valeur constante pendant un certain intervalle de temps, puis prenait plus ou moins rapidement une nouvelle valeur qu'elle peut conserver un certain temps.

Je considère par exemple la soirée du 30 décembre 1931. Le ciel est très pur, mais à la fin les nuages arrivent du Sud. L'ensemble des observations ne peut être convenablement représenté par une droite (fig. 33). Mais il est possible de tracer une droite pour le début et une autre pour la fin de la soirée. L'hypothèse de la constance de la transparence dans les deux intervalles entraîne la conséquence suivante : les deux droites de Bouguer doivent converger à l'abscisse zéro. Cette condition supplémentaire permet de tracer chacune des deux droites avec plus de précision.

J'ai appliqué cette méthode avec plus ou moins de succès dans quelques occasions, par exemple le 24 mars 1931 et le 20 février 1932, soirées où la transparence diminuait pendant que la Lune descendait sur l'horizon.

L'accord entre la transparence observée T_0 déduite de la pente des deux droites et la transparence T_c calculée à partir de la courbe de lumière, montre à quel point est légitime l'hypothèse faite par l'observateur. J'ai rassemblé dans le tableau XXI ces éléments pour les trois soirées.

TABLEAU XXI

Date	K	T_0	T_c	
1931 Mars 24.....	0,494	0,634	0,648	Début
	0,432	0,672	0,686	Fin
Décembre 30.....	0,348	0,727	0,728	Début
	0,376	0,708	0,704	Fin
1932 Février 20.....	0,47	0,65	0,60	Début
	0,38	0,705	0,68	Fin

Il est manifeste que le 20 février la transparence variait encore pendant les dernières observations et que les valeurs de K sont encore inexactes. Le graphique (fig. 34) des valeurs de T calculées montre que les points de la fin qui avaient servi à tracer la droite de Bouguer, ne se trouvent pas sur une droite horizontale.

Pour en terminer avec la question des fluctuations à évolution lente, il faut signaler qu'il est des cas, heureusement rares, où des fluctuations se produisent

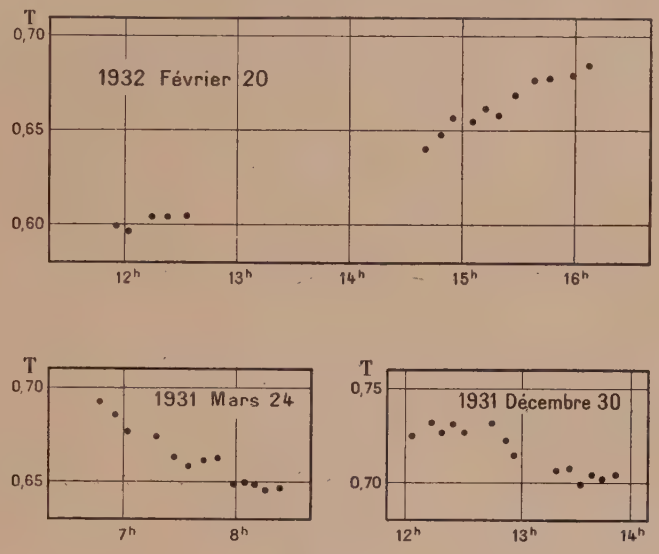


Fig. 34.

progressivement sans que l'observateur puisse en être averti. Les soirées des 2 et 30 novembre 1931, dont les observations peuvent se représenter par une droite, donnent des valeurs de K qui sont certainement erronées, malgré la pureté apparente du ciel.

III. — Fluctuations a évolution rapide

Par ciel paraissant pur, des fluctuations à évolution rapide peuvent également être observées. Elles se manifestent de la manière suivante : l'instrument étant dirigé sur la Lune, l'aiguille du microampèremètre n'atteint pas comme d'habitude au bout de quelques instants une déviation stable, mais oscille d'une façon désordonnée, avec une amplitude plus ou moins grande.

On constate un phénomène tout pareil lorsqu'il existe un mauvais contact dans le circuit de mesures, mais, dès qu'on a remédié à cet inconvénient, les déviations redeviennent stables. Dans ce cas le phénomène se manifeste lorsque la cellule est éclairée par l'étalon lumineux aussi bien que par la Lune.

La discrimination entre ces deux causes est donc aisée : il suffit d'éclairer alternativement la cellule au moyen de l'astre et de la lampe. Si cette dernière

donne régulièrement des déviations stables, le circuit de mesure ne peut pas être incriminé.

Ces fluctuations rapides furent observées pour la première fois le 11 février 1930 ; elles se renouvelèrent le lendemain. L'allure du phénomène se voit sur le tableau XXII dans lequel les oscillations de l'aiguille sont traduites en variations de la distance. Dans la colonne $\frac{\Delta E}{E}$ on a calculé les variations de l'éclairement en fonction de sa valeur moyenne.

TABLEAU XXII

1930 Février 11

T. m. a. G.	D	z	ΔE/E	
6h56m	0m440 ± 5mm	46°5	± 2,3 %	
7 20	0,416 ± 5	42,6	± 2,4	
9 38	0,380 ± 1	26	± 0,5	
47	0,382 ± 1	25,5	± 0,5	
10 0	0,380 ± 1	25	± 0,5	
14	0,371 ± 0,5	25	± 0,26	
34	0,364	25		pas de fluctuations sensibles.
49	0,364	25		
58	0,366 ± 1	25	± 0,54	

1930 Février 12

T. m. a. G.	D	z	ΔE/E	
6h55m	0m426 ± 7mm	60°5	± 3,3 %	
7 4	0,406 ± 4,4	57,6	± 2,2	
7	0,406 ± 4,4	56,9	± 2,2	
34	0,381 ± 3	53,0	± 1,6	
45	0,372 ± 3	51,1	± 1,6	
57	0,365 ± 2	49,2	± 1,1	
8 4	0,355 ± 1	48,4	± 0,6	
9 57	0,324	33,7		
10 10	0,321	32,7		pas de fluctuations appréciables.
37	0,314	30,6		
11 0	0,316 ± 1	—	± 0,6	
19	0,308 ± 2	28,8	± 1,3	

Ensuite, de 12h7m à 14h47m, pendant que la Lune descend de 30° à 49°4, sept mesures sont exécutées sans qu'on puisse constater de fluctuations appréciables.

Au cours de ces deux soirées les fluctuations s'atténuaient progressivement, au fur et à mesure que la Lune s'élevait à l'Est en direction du port du Rhin. Comme à l'Ouest aucune fluctuation n'était constatée, il paraissait naturel de les attribuer soit à la brume au-dessus du fleuve, soit aux fumées du port lui-même.

Dans la suite, lorsque de telles fluctuations, ayant leur origine dans l'at-

mosphère, étaient observées par ciel pur entièrement dégagé de nuages, les observations étaient immédiatement interrompues. En effet, en maintes occasions, aussi bien à Sanary qu'à Strasbourg, ces fluctuations étaient observées immédiatement avant la formation des premiers nuages visibles qu'elles précèdent souvent de plusieurs minutes, quelquefois même d'un quart d'heure. Pour cette raison, elles étaient considérées comme le signe avant-coureur de conditions défavorables pour l'observation.

Quelquefois les fluctuations se produisaient lorsque les nuages étaient à quelques degrés seulement de la Lune, mais tout nuage qui s'approche ne leur donne pas forcément naissance. L'aiguille du microampèremètre reste parfaitement stable lorsqu'un cumulus épais et bien délimité s'approche de la Lune. Lorsque le nuage arrive dans le voisinage immédiat de l'astre, on observe une très légère augmentation d'éclairement, due au fait que le bord du nuage, éclairé par la Lune, est plus brillant que le ciel ; dès que la Lune est entamée par le nuage l'aiguille retombe rapidement à zéro. C'est pourquoi les mesures restent bien souvent possibles dans les éclaircies, lorsque des nuages possédant une altitude bien déterminée sont poussés par le vent dans une direction invariable.

Les fluctuations s'observent lorsque les nuages se forment sur place, au moment de l'arrivée d'un système nuageux.

Le 12 mars 1932 le ciel était pur, mais l'horizon brumeux. Le vent du Nord rabattait dans l'Ouest de l'Observatoire la fumée que la cheminée des serres du Jardin Botanique déverse par torrents tous les quarts d'heure, lorsque la température est froide. Tout travail est naturellement impossible aux instants où le foyer est rechargé, mais j'ai tenté de reprendre les observations lorsque la fumée paraissait complètement dissipée.

En se reportant au relevé journalier des observations on voit, dans la remarque, l'amplitude des fluctuations observées à partir de 7^h15^m aux instants où le ciel paraissait pur. Cette amplitude peut atteindre et dépasser le dixième de magnitude.

Le 14 mars les fluctuations ont débuté dès 7^h, mais le brouillard qui s'est élevé à 7^h45^m a empêché de les poursuivre ; pour cette raison la soirée du 14 mars ne figure pas dans le tableau suivant.

Le 15 mars le ciel était très pur et malgré les fluctuations observables au début le coefficient de transmission a une valeur élevée.

Dans la nuit du 18 mars il y a eu des fluctuations à évolution rapide au début et des fluctuations à évolution lente pendant toute la séance d'observations.

Dans le tableau XXIII la colonne N indique le nombre d'observations effectuées dans l'intervalle de temps correspondant.

TABLEAU XXIII

Date	T	t	z	N	Observations
1932 Mars 12	0,574	$6^h 17^m$ à $6^h 40^m$	44°5 à 48°0	4	pas de fluctuations appréciables.
		6 49 à 8 5	49,3 à 61,5	8	fluctuations atteignant jusqu'à 10%.
Mars 15	0,725	7 11 à 7 56	26 à 32	6	fluctuations 2 à 4 %.
		9 8 à 11 39	42,7 à 66,7	17	pas de fluctuations appréciables.
Mars 18	0,64 à 0,57	7 14 à 7 54	31 à 28	6	fluctuations 2 à 4%
		9 44 à 13 32	31 à 63,7	20	pas de fluctuations appréciables.

Il est évident que par ciel entièrement dépourvu de nuages les fluctuations à évolution rapide ne dépendent pas de la distance zénithale de l'astre, mais de l'heure des observations. Sensibles surtout entre 7^h et 8^h du soir, elles ont disparu après 9^h, quoique les masses d'air augmentent et deviennent même notables à la fin de la soirée, les 15 et 18 mars. Les fumées sont les plus abondantes au début de la nuit, précisément aux heures où les fluctuations à évolution rapide sont importantes. Ces fluctuations ne se sont pas présentées au mois d'avril 1932, époque où la température s'était considérablement radoucie et où par suite les fumées avaient disparu.

IV. — Statistique des valeurs de K

Puisque des fluctuations de la transparence de notre atmosphère se produisent sans que le ciel présente la moindre trace de nébulosité visible dans la direction de la Lune, et que, chose plus grave, on rencontre des nuits pures en apparence, pendant lesquelles la transparence peut varier d'une manière progressive toujours dans un même sens, on est en droit de suspecter la précision des valeurs de K qui résultent des meilleures droites de Bouguer.

Une étude statistique des valeurs de K qui ont pu être déterminées, est nécessaire pour se rendre compte de la précision avec laquelle il est possible de déterminer les magnitudes de la Lune.

Le tableau XXIV contient le nombre total de nuits où des observations ont pu être exécutées, pendant les années 1928 à 1932, dans trois stations différentes.

TABLEAU XXIV

Nombre total de nuits d'observations.

	Strasbourg	Mison	Sanary
1928	12	»	»
1929	»	5	»
1930	15	»	9
1931	22	»	42
1932	14	»	16
Totaux	63	5	67

Le nombre de nuits qui ont permis la détermination du facteur de transmission de l'atmosphère, est donné dans le tableau XXV. Les stations du Midi de la France, avantageuses déjà par la fréquence plus grande des nuits de beau temps, sont préférables aussi parce que les fluctuations à évolution lente y sont moins fréquentes par ciel sans nébulosité.

TABLEAU XXV

Nombre de nuits où le facteur de transmission a pu être déterminé.

	Strasbourg	Mison	Sanary
1928	7	»	»
1929	»	4	»
1930	8	»	7
1931	12	»	33
1932	6	»	11
Totaux	33	4	51
Pourcentage	52%	80%	76%

Le tableau XXVI donne la répartition des facteurs de transmission déterminés dans chaque station.

A Sanary, quatre nuits en 1931 et une en 1932 ont donné deux valeurs de K indépendantes, ce qui porte à 56 le nombre de valeurs de K qui devraient être considérées dans la statistique suivante ; mais il vaut mieux ne pas tenir compte de la soirée du 26 avril 1931, où deux mesures seulement ont été effectuées. Il reste donc 55 valeurs de K pour la statistique de la répartition des coefficients d'absorption à Sanary.

TABLEAU XXVI

Répartition des facteurs de transmission.

K	T	N (Strasbourg)	N (Mison)	N (Sanary)
0^m30 à 0^m35	0,76 à 0,725	3	0	6
0,35 à 0,40	0,725 à 0,69	3	1	23
0,40 à 0,45	0,69 à 0,66	1	1	14
0,45 à 0,50	0,66 à 0,63	7	0	6
0,50 à 0,55	0,63 à 0,60	4	1	4
0,55 à 0,60	0,60 à 0,575	7	0	1
$> 0^m60$	< 0,575	8	1	1

Les observations effectuées en Haute-Provence sont en trop petit nombre pour qu'il soit possible de porter un jugement sur cette station. Comme elles ont eu lieu du 22 au 28 septembre, au voisinage de l'équinoxe, période généralement troublée au point de vue météorologique, il est déjà très remarquable que, sur cinq nuits où les observations ont été possibles, quatre aient donné d'excellentes déterminations.

A Strasbourg et à Sanary les observations sont réparties sur toute l'année, sauf en juin et juillet, époque où la Lune ne s'élève pas suffisamment au-dessus de l'horizon pour permettre de bonnes déterminations de K. L'avantage du ciel de la Provence au point de vue de la transparence est évident. Le facteur de transmission T est fréquemment voisin de 0,70 lorsque le ciel est pur et il ne descend que très rarement au-dessous de 0,60, tandis qu'à Strasbourg, où des nuits aussi pures que celles du Midi se rencontrent quelquefois, l'absorption est en général beaucoup plus élevée.

Si l'on s'astreint, comme je l'ai fait, à déterminer l'absorption à l'aide des observations de la Lune, les phases croissantes qui précèdent le premier quartier ne peuvent s'observer utilement qu'au printemps, époque à laquelle la déclinaison de la Lune est notablement supérieure à celle du Soleil, ce qui augmente la différence des heures auxquelles les deux astres se couchent. Les phases de la Lune en décours postérieures au dernier quartier sont observables seulement en automne où, pour la même raison, les heures du lever des deux astres sont les plus différentes possible.

Il est donc indispensable de s'assurer si une influence saisonnière n'intervient pas pour troubler la précision à certaines époques plutôt qu'à d'autres. Les facteurs de transmission déterminés à Sanary sont en nombre suffisant pour que cette influence puisse se mettre en évidence si elle existe.

Le tableau XXVII donne la répartition des facteurs de transmission à

Sanary pendant la Lune croissante, au printemps dans la troisième colonne et en hiver dans la quatrième, pendant la Lune décroissante, à la fin de l'été et au début de l'automne dans la cinquième colonne, en hiver dans la sixième.

TABLEAU XXVII

Répartition saisonnière des facteurs de transmission à Sanary.

K	T	Lune croissante		Lune décroissante	
		1931 Avril Mai	1931 Déc. 1932 Janv.	1931 Oct. Août Sept. 1932 Oct.	1931 Déc. 1932 Janv.
0^m30 à 0^m35	0,76 à 0,725	0	0	4	2
0,35 à 0,40	0,725 à 0,69	3	5	7	7
0,40 à 0,45	0,69 à 0,66	6	1	6	1
0,45 à 0,50	0,66 à 0,63	3	2	2	0
0,50 à 0,55	0,63 à 0,60	1	0	3	0
0,55 à 0,60	0,60 à 0,575	0	1	0	0
> 0,60	< 0,575	1	0	0	0
		14	9	22	10

En convenant d'appeler nuits très transparentes, celles pour lesquelles $K < 0^m,40$, ce qui correspond à $T > 0,69$, on voit que 21 p. 100 seulement des nuits ont été très transparentes au printemps, contre 50 p. 100 en août, septembre et octobre. Ces dernières sont réparties sur trois années, tandis que j'ai observé au printemps seulement en 1931. Pour cette raison, mes observations ne seraient pas suffisantes à elles seules pour affirmer qu'il y ait influence saisonnière. Mais l'étude très complète, que M. Danjon a faite du climat de la Haute-Provence, prouve que cette influence n'est pas douteuse et mes observations photométriques confirment l'existence d'une période moins favorable en avril et mai.

Les observations de l'hiver 1931-1932 concernent les deux lunaisons successives de décembre et de janvier et ne comprennent que des phases comprises entre -92^o et $+78^o$. Elles permettent d'enregistrer un pourcentage nettement plus élevé des nuits très transparentes pour les phases décroissantes : 90 p. 100 contre 55 p. 100 pour les phases décroissantes.

Le temps a été très nuageux pendant la première quinzaine de janvier avec une pluie torrentielle le 11. Il s'est ensuite progressivement rétabli pour devenir très beau le 22, soit au moment de la pleine Lune. C'est donc à l'évolution des conditions météorologiques qu'il faut attribuer le pourcentage élevé des nuits très transparentes pour les phases décroissantes : la coïncidence est sans aucun

doute fortuite et ne permet pas de prétendre que les phases de la Lune soient en corrélation avec le beau ou le mauvais temps.

M. Schaumasse, consulté sur les possibilités de travail en hiver sur les côtes de la Méditerranée, m'avait répondu que le mois de janvier était un des mois les plus favorables de l'année et qu'il y avait toujours, soit au début, soit à la fin, une très belle période. En 1932 cette période a débuté le 22 janvier et a duré sans interruption jusqu'au 5 février. Si cette période avait été décalée avec une avance de huit jours, il est vraisemblable que toutes les nuits d'observation auraient été très transparentes.

Quel degré de précision peut-on espérer atteindre, en déterminant graphiquement la valeur de K ? Pour répondre à cette question j'ai rassemblé dans le tableau XXVIII les éléments nécessaires, en groupant ensemble les déterminations de poids identiques, quelle que soit la station où elles aient été obtenues.

Les poids figurent dans la première colonne. J'ai laissé de côté les déterminations affectées du poids 1, qui sont de qualité très médiocre. Elles ne donnent pas, en général, de résultats meilleurs que ceux qui sont fournis par les valeurs estimées de K, lorsqu'aucune détermination n'est possible. J'ai laissé aussi de côté les déterminations pour lesquelles j'ai utilisé la méthode de convergence à l'abscisse zéro ; c'est pour cette raison qu'il ne reste qu'un petit nombre de déterminations affectées du poids 2.

Le nombre n des déterminations de chaque groupe est donné dans la deuxième colonne et l'intervalle moyen ΔM des masses d'air extrêmes, dans la troisième. L'écart maximum e des points observés relativement à la droite adoptée figure dans la quatrième colonne et la valeur moyenne K_m des absorptions, dans la cinquième.

Les nombres qui figurent dans les colonnes suivantes ont été obtenus ainsi. J'ai déterminé graphiquement pour chaque soirée la pente la plus petite et la pente la plus grande, compatibles avec les observations. Elles fournissent deux limites dont la demi-différence ε donne la limite supérieure de l'erreur possible de K adopté. La moyenne des écarts de chaque groupe est donnée dans la sixième colonne : je donne en outre, dans les septième et huitième colonnes, les valeurs minima $\varepsilon_{min.}$ et $\varepsilon_{max.}$ des écarts obtenus dans chacun des groupes.

TABLEAU XXVIII

p	n	ΔM	e	K_m	ε	$\varepsilon_{min.}$	$\varepsilon_{max.}$
5	15	1,52	$\pm$ 0m02	0m388	$\pm$ 0m005	0m003	0m010
4	19	1,50	$\pm$ 0,04	0,431	$\pm$ 0,010	0,007	0,018
3	19	1,11	$\pm$ 0,06	0,430	$\pm$ 0,015	0,008	0,027
2	7	1,33	$\pm$ 0,10	0,480	$\pm$ 0,024	0,018	0,040

Les nombres de la quatrième colonne donnent l'ordre de grandeur des fluctuations de l'absorption atmosphérique au cours de la soirée. Ces écarts constituent l'un des principaux critères qui ont servi dans l'attribution des poids ; ils sont supérieurs aux erreurs de mesures, même pour les déterminations cotées 5. Il suffit de se reporter à la figure 23, pour constater que les écarts ont une allure systématique et tendent à se grouper pour plusieurs mesures consécutives, d'un même côté de la droite d'absorption. Cette allure systématique est encore plus évidente sur certains graphiques de déterminations cotées 4 ou 3.

Les valeurs de K_m montrent que les déterminations de K sont d'autant plus sûres que ce coefficient est plus faible. Il n'est pas surprenant de constater que les chances de voir se produire des fluctuations, par ciel paraissant pur, augmentent lorsque la transparence de l'atmosphère diminue.

Parmi les déterminations affectées du poids 5, trois seulement donnent $K > 0^m,40$, et c'est pour la plus grande valeur de K (1931 mai 21, $K = 0^m,456$) que je trouve la plus grande valeur de ε qui figure dans la huitième colonne.

Les déterminations affectées du poids 4 donnent des valeurs de K toutes inférieures à $0^m,53$, sauf une (1929 septembre 26, $K = 0^m,683$). Dans ce groupe, la plus grande valeur de ε se présente pour la soirée où les masses d'air extrêmes diffèrent le moins entre elles (1929 septembre 27, $\Delta M = 0,70$, $K = 0^m,505$).

J'ai montré plus haut que l'observateur peut être induit en erreur par une variation progressive de l'absorption, qui altère la pente de la droite de Bouguer. Les circonstances atmosphériques m'ont servi de guide pour éliminer certaines soirées, mais il peut se produire des cas où l'observateur n'est pas prévenu par elles.

La soirée du 30 novembre 1931, notée ciel très pur, rentre certainement dans cette catégorie. Le graphique de cette soirée, pour lequel les masses d'air sont échelonnées entre 1,55 et 2,55, conduit à la valeur $K = 0^m,470$ avec le poids 4. Pourtant la magnitude de la Lune est erronée de $0^m,28$ et le sens de l'écart montre que l'absorption est plus grande que la valeur adoptée. En partant de la courbe des magnitudes de la Lune, on trouve que le coefficient d'absorption réel passe de $0^m,57$ au début des observations à $0^m,62$ à la fin. En moins de deux heures, il a augmenté progressivement de 8 p. 100 de sa valeur. Il est heureusement fort rare qu'une variation aussi grande se présente sans être accompagnée de fluctuations importantes.

CHAPITRE VI

DISCUSSION DES OBSERVATIONS PARTICULARITÉS DE LA COURBE DE LUMIÈRE

Il faut maintenant examiner, avant de comparer les résultats de l'observation avec la théorie, quelles particularités présente la courbe expérimentale et rechercher si, comme il semble logique de l'admettre, elles ne sont pas explicables par le relief de la Lune et par la répartition sur sa surface des taches relativement sombres dénommées « mers ». Il conviendra en particulier de s'assurer si les écarts des observations avec la courbe expérimentale moyenne ne dépendent pas de la libration dont les éléments définissent, pour chaque valeur de Θ, la partie de la surface lunaire visible à la fois du Soleil et de la Terre.

Avant d'établir la courbe moyenne de lumière, il faut tout d'abord étudier la question des phases voisines de la pleine Lune. A cause des éclipses, il est impossible d'obtenir des valeurs de la magnitude globale de notre satellite qui correspondent à une distance angulaire géocentrique de la Lune et de l'Anti-soleil, inférieure à $1^{\circ},5$. (Limite $= 1^{\circ},6$ lorsque la Terre est au périhélie et en même temps la Lune au périgée ; limite $= 1^{\circ},4$ lorsque la Terre est à l'aphélie et la Lune à l'apogée.) La latitude de la Lune intervient encore pour augmenter l'angle de phase minimum observable à chaque opposition.

Il existe donc à chaque lunaison un intervalle d'angle de phase interdit à l'observation ; cet intervalle peut atteindre et même dépasser 5°. Pour un observateur, placé dans l'hémisphère Nord, la parallaxe a pour effet de diminuer la valeur minima de la distance, lorsque la Lune passe au Nord de la pénombre, et de l'augmenter, au contraire, si la Lune passe au Sud. L'effet est évidemment inversé pour un observateur placé dans l'hémisphère Sud.

Ces circonstances, jointes au fait que le minimum de la distance se produit parfois au milieu du jour, restreignent notablement les possibilités d'obtenir des observations pour de petits angles de phase.

M. Danjon a fait remarquer (*Bulletin de la S. A. F.*, 1932, p. 65) que les

observations de l'arc déficient montrent que le croissant lunaire devient invisible, lorsque la distance angulaire des centres du Soleil et de la Lune tombe au-dessous d'une limite voisine de $6^{o}1/_{2}$. En deçà, l'observateur terrestre ne reçoit, hormis la lumière cendrée, aucune lumière provenant de la Lune.

On peut se demander si, au voisinage de la pleine Lune, la quantité de lumière diffusée par notre satellite en direction de l'observateur terrestre cesse corrélativement de subir une augmentation.

On voit donc tout l'intérêt que présente une détermination précise de la partie de la courbe, accessible à l'observation, pour les valeurs de Θ comprises entre -10^{o} et $+10^{o}$.

J'ai pu obtenir deux excellentes déterminations pendant les nuits qui ont précédé et suivi la pleine Lune du 23 janvier 1932, laquelle s'est produite à $13^{h}44^{m}$ T. U. ; pour vérifier si la correction de phase, adoptée pour les réductions, était exacte, j'ai poursuivi les observations jusqu'à l'aube. Les points représentatifs de la série d'observations exécutées pendant que la Lune s'élève sur l'horizon, et ceux de la série obtenue pendant qu'elle descend, doivent s'aligner sur une même droite de Bouguer si, l'absorption n'ayant pas varié, la correction de phase est exacte.

Dans la nuit très pure du 22 au 23 janvier, pendant laquelle Θ a varié entre $-10^{o},8$ et $-6^{o},2$, les points relatifs aux deux séries d'observations s'alignent effectivement sur une même droite.

Les pentes des deux droites obtenues la nuit suivante, pendant que Θ variait entre $+4^{o},8$ et $+8^{o},7$, diffèrent légèrement. Je trouve $K = 0^{m},415$ pendant la première partie de la nuit et $K = 0^{m},397$ pendant la seconde partie. En annulant la correction de phase pour $\Theta < +6^{o},5$ et en conservant la correction pour $\Theta > +6^{o},5$, j'obtiens des points qui s'alignent sur une même droite ; toutefois je considère ce résultat comme sujet à caution. L'après-midi précédente n'a pas été pure, et les premières observations de la soirée montrent que la transparence augmentait certainement au début ; une très légère augmentation progressive a pu subsister ensuite. Comme son effet serait justement de contrebalancer la variation provenant du changement de phase, une extrême prudence s'impose dans l'interprétation des résultats de cette dernière nuit.

Tant que l'observation télescopique permet de constater sans ambiguïté l'existence du terminateur sur le bord de la Lune le plus voisin de l'Antisoleil, on est assuré que la diminution de $|\Theta|$ donnera un gain de lumière.

Pendant la dernière éclipse de Lune par la pénombre du 12 mars 1933, j'ai voulu me rendre compte de l'instant où il devient impossible de distinguer le terminateur. A ma grande surprise, ce dernier est resté constamment perceptible,

même au moment de la plus grande phase, alors que la moitié de la Lune était plongée dans la pénombre. Comme la Lune passait au Sud de l'ombre, la parallaxe augmentait l'angle de phase relatif à l'observateur ($\theta_{g\ min.} = 1^{o},2$, $\Theta_{min.} = 1^{o},7$). Cette observation prouve qu'on doit atteindre un très léger gain de lumière lorsque Θ s'abaisse jusqu'à 2°, sans que la Lune pénètre dans la pénombre. J'en conclus que c'est bien une légère diminution de l'absorption qui a été observée le 23 janvier 1932.

Aux autres dates où j'ai pu effectuer des observations au moment de la pleine Lune, les circonstances météorologiques n'ont pas été très favorables et ces observations ne sont pas suffisantes pour préciser cette partie de la courbe.

Il est en particulier très regrettable qu'une détermination du facteur de transmission n'ait pas été possible le 7 octobre 1930 après l'éclipse de Lune. Les nuages se sont dissipés pendant l'éclipse et des variations de transparence se sont produites, sans nul doute, ensuite.

Je prendrai donc la moyenne de toutes les valeurs déterminées pour $-5^{o},5 < \Theta < +5^{o},5$ pour fixer la magnitude de la « pleine Lune moyenne ». La distance angulaire topocentrique peut en effet atteindre cette limite au moment de la pleine Lune. Ces déterminations, au nombre de cinq, sont rassemblées dans le tableau suivant :

TABLEAU XXIX

Date	Θ	Magnitude
1928 Octobre 28	$-2^{o}9$	$-2^{m}94$
1930 Février 12	$-5,2$	$-3,01$
1931 Décembre 24	$\mp 4,8$	$-3,08$
1932 Février 21	$-2,0$	$-3,04$
1932 Octobre 14	$+4,2$	$-3,12$
Moyenne	$\mp 3,8$	$-3,04$

J'ai utilisé à la fin du chapitre IV cette valeur pour rapporter les brillances à celle de la pleine Lune.

Pour obtenir la courbe moyenne de lumière, j'ai procédé de la façon suivante. Sur un graphique à grande échelle j'ai porté toutes les magnitudes déterminées, à l'exception de celles qui résultent de déterminations très médiocres affectées du poids 1. J'ai laissé naturellement aussi de côté les valeurs qui résultent d'une estimation de la valeur de K. J'ai tracé parmi ces points, en tenant compte de leurs poids, une courbe régulière et les valeurs des magnitudes ont été lues sur la courbe, de cinq en cinq degrés.

Le tableau XXX contient ces valeurs pour les phases croissantes et décroissantes.

TABLEAU XXX

Θ	$m_{\mathfrak{C}}$	Θ	$m_{\mathfrak{C}}$	$\Delta m_{\mathfrak{C}}$
— 5°	— 2^m97	+ 5°	— 2^m95	— 0^m02
— 10	— 2,78	+ 10	— 2,74	— 0,04
— 15	— 2,64	+ 15	— 2,60	— 0,04
— 20	— 2,49	+ 20	— 2,46	— 0,03
— 25	— 2,35	+ 25	— 2,32	— 0,03
— 30	— 2,21	+ 30	— 2,18	— 0,03
— 35	— 2,07	+ 35	— 2,05	— 0,02
— 40	— 1,92	+ 40	— 1,90	— 0,02
— 45	— 1,78	+ 45	— 1,76	— 0,02
— 50	— 1,64	+ 50	— 1,63	— 0,01
— 55	— 1,49	+ 55	— 1,48	— 0,01
— 60	— 1,35	+ 60	— 1,35	0
— 65	— 1,21	+ 65	— 1,20	— 0,01
— 70	— 1,06	+ 70	— 1,02	— 0,04
— 75	— 0,91	+ 75	— 0,85	— 0,06
— 80	— 0,74	+ 80	— 0,65	— 0,09
— 85	— 0,54	+ 85	— 0,46	— 0,08
— 90	— 0,33	+ 90	— 0,27	— 0,06
— 95	— 0,12	+ 95	— 0,10	— 0,02
— 100	+ 0,09	+ 100	+ 0,05	+ 0,04
— 105	+ 0,30	+ 105	+ 0,23	+ 0,07
— 110	+ 0,52	+ 110	+ 0,44	+ 0,08
— 115	+ 0,74	+ 115	+ 0,66	+ 0,08
— 120	+ 0,97	+ 120	+ 0,92	+ 0,05
— 125	+ 1,23	+ 125	+ 1,18	+ 0,05
— 130	+ 1,51	+ 130	+ 1,46	+ 0,05
		+ 135	+ 1,75	
		+ 140	+ 2,04	
		+ 145	+ 2,37	
		+ 150	+ 2,80	

La dernière colonne $\Delta m_{\mathfrak{C}}$, qui exprime la dissymétrie de la courbe expérimentale, est obtenue en retranchant les nombres de la quatrième colonne de ceux de la deuxième. Les phases croissantes sont plus brillantes que les phases décroissantes pour les valeurs négatives de $\Delta m_{\mathfrak{C}}$. Les phases décroissantes sont les plus brillantes lorsque $\Delta m_{\mathfrak{C}}$ est positif.

On voit que la Lune est légèrement plus brillante du premier quartier à la pleine Lune que de la pleine Lune au dernier quartier ; toutefois la dissymétrie est très faible tant que l'angle Θ reste inférieur à 70°. L'écart le plus grand, qui reste inférieur au dixième de la magnitude, est atteint entre 80° et 85°. Ce résultat n'a rien de surprenant : il est conforme à ce que l'on peut prévoir, en se basant sur la répartition des mers sur la Lune.

Le tableau suivant, établi par M. Danjon (*Annales de l'Observatoire de Strasbourg*, Tome II, page 170), donne la proportion moyenne des mers, pour les divers angles de phase, et montre que cette proportion est toujours plus grande en phase décroissante.

TABLEAU XXXI

Θ	Lune croissante	Lune décroissante	Différence
0°	0,37	0,37	0
30°	0,39	0,40	0,01
40°	0,37	0,40	0,03
50°	0,36	0,42	0,06
60°	0,34	0,43	0,09
70°	0,32	0,43	0,11
80°	0,27	0,45	0,18
90°	0,25	0,49	0,24
100°	0,26	0,51	0,25
110°	0,26	0,48	0,22
120°	0,19	0,47	0,28
130°	0,17	0,42	0,25
140°	0,15	0,35	0,20
150°	0,05	0,19	0,14

Entre la nouvelle Lune et les quartiers, les phases décroissantes sont les plus brillantes dès que Θ dépasse 100°. Ce résultat est en contradiction absolue avec les déductions qu'on peut tirer de la répartition des mers. Si la dissymétrie est bien réelle une autre influence doit entrer en jeu.

Pour me rendre compte si une erreur systématique pouvait intervenir, j'ai examiné les déterminations comprises dans l'intervalle de phase 90°-130° ; au delà de ce dernier angle, la correction d'absorption ne présente plus la même sécurité. parce que la Lune ne peut être observée qu'à de grandes distances zénithales, Pour les phases croissantes, j'ai exécuté dix déterminations dont quatre sont très bonnes (poids 4 et 5), et pour les phases décroissantes dix déterminations également dont cinq très bonnes (1). La lampe L_1 a servi à des comparaisons avec la Lune jusqu'à la phase 118° et la lampe L_2 à partir de la phase 100° ; les écarts des points observés par rapport à la courbe moyenne ne dépendent pas de la lampe dont je me suis servi pour exécuter les mesures. Je ne puis donc mettre en doute la réalité de la dissymétrie et son changement de sens entre 95° et 100°.

Quelle cause peut-on invoquer pour expliquer des accidents dans la courbe de lumière ? Il paraît naturel de songer à une influence du terminateur, qui, suivant que le relief lunaire est plus ou moins accusé, modifie le déficit total de lumière provenant des ombres portées.

L'examen d'une carte de la Lune montre que le passage du méridien central au méridien de longitude sélénocentrique 10° Est est caractérisé par une aug-

(1) Pour les phases décroissantes, je n'ai pu faire aucune observation entre les phases + 118° et + 131°. En août, septembre, octobre et novembre 1931, le mauvais temps a toujours sévi pendant cet intervalle de phase.

mentation très notable de la longueur totale de l'arc sélénocentrique sur les régions à faible relief ; par suite, lorsque l'angle Θ augmente de $+ 90^{\circ}$ à $+ 100^{\circ}$, le terminateur devient dans l'ensemble beaucoup moins déchiqueté par suite de la diminution considérable des ombres portées. Cependant, comme les régions à faible relief ont un albedo moindre que les régions montagneuses, des mesures microphotométriques, exécutées sur le terminateur au moment du dernier quartier, sont indispensables pour se rendre compte si la diminution des ombres portées est suffisante pour expliquer cette anomalie de la courbe.

Influence de la libration. — Pour une même valeur Θ de l'angle de phase, l'éclairement reçu par l'observateur pourrait varier légèrement avec la libration qui intervient pour modifier les régions éclairées par le Soleil.

Le terminateur sur la Lune est, pour chaque valeur de Θ, entièrement déterminé par trois éléments : la libration en longitude l, la libration en latitude b, qui donnent les coordonnées du centre moyen de la Lune par rapport au centre apparent, et l'angle α que fait la direction de la ligne des cornes avec l'axe lunaire. T désignant l'angle de position du terminateur et C l'angle de position de l'axe de la Lune, l'angle α s'en déduit immédiatement :

$$\alpha = T - C.$$

Le *Nautical Almanach* donne, dans les Ephémérides relatives à l'observation physique de la Lune, les valeurs l, b et C de jour en jour à 0^{h} et aussi l'angle T depuis l'année 1931.

La magnitude de la Lune est une fonction des quatre variables et on doit avoir :

$$m_{\mathbb{C}} = f(\Theta, l, b, \alpha),$$

mais les variables l, b et α modifient probablement très peu la magnitude. Parmi ces trois dernières variables, il semble *a priori* que celle dont l'influence pourrait être mise le plus facilement en évidence serait la variable l, dont l'amplitude est supérieure à celle de b, et qui, agissant sensiblement dans le même sens que Θ puisque α est petit, sauf au voisinage de la pleine Lune, influe plus que la variable b sur le changement du terminateur.

Afin d'avoir, pour chaque angle de phase, des valeurs de l aussi bien que de b réparties sur l'amplitude entière de ces deux variables, il eût été nécessaire de disposer de mesures effectuées dans l'hémisphère Sud au cours des mêmes années.

En effet, comme j'observe la Lune de préférence lorsque sa déclinaison est positive, il résulte, du fait que le nœud ascendant de l'orbite lunaire a coïncidé au début de 1932 avec le point vernal, que la latitude de la Lune était également

positive. Elle présentait donc son pôle Sud vers la Terre, ce qui correspond à une libration en latitude négative. Un observateur, situé dans l'hémisphère Sud, aurait observé la Lune de préférence lorsque sa déclinaison était négative, donc en automne pour les phases croissantes, en été au moment où je devais cesser les observations et au printemps pour les phases décroissantes. La latitude de la Lune étant alors négative aurait présenté son pôle Nord, ce qui correspond à une libration en latitude positive.

De même pour la libration en longitude, qui est positive du périgée à l'apogée et négative de l'apogée au périgée, il résulte, du fait que le périgée a coïncidé avec le point γ' vers la fin de 1931, que mes observations ont eu lieu en majeure partie de l'apogée au périgée et que l a très rarement pris des valeurs positives. L'hémisphère Est qui contient Oceanus Procellarum, était de préférence tourné vers la Terre. En l'absence d'observations faites dans l'hémisphère Sud, il faut attendre quatre ou cinq ans pour pouvoir observer la Lune avec une libration en longitude positive.

Malgré cette circonstance défavorable, j'ai néanmoins cherché si les écarts des observations présentaient une allure systématique dépendante de l.

Les observations ont été séparées en dix groupes, cinq avant la pleine Lune et autant après la pleine Lune. Dans chacun de ces groupes les observations ont été réparties en quatre nouveaux groupes suivant les valeurs de l. Les moyennes arithmétiques des écarts figurent dans le tableau suivant avec, à côté, entre parenthèses, le nombre de déterminations dont elles découlent. Les valeurs sont affectées du signe — lorsqu'il y a excès de brillance, et du signe + lorsqu'il y a défaut.

TABLEAU XXXII

θ \ l	+ 2° à — 2°	— 2° à — 4°	— 4° à — 6°	— 6° à — 8°
— 130° à — 100°	+ 0m06 (1)	—	0 (3)	+ 0m04 (4)
— 100° à — 75°	— 0,08 (1)	— 0,01 (2)	+ 0,07 (2)	+ 0,03 (3)
— 75° à — 50°	+ 0,02 (2)	— 0,04 (2)	—	+ 0,13 (1)
— 50° à — 25°	+ 0,02 (3)	—	—	+ 0,03 (2)
— 25° à 0°	— 0,06 (2)	—	+ 0,02 (5)	—
0° à + 25°	— 0,02 (1)	+ 0,01 (1)	+ 0,07 (4)	—
+ 25° à + 50°	+ 0,04 (1)	+ 0,02 (4)	+ 0,13 (1)	—
+ 50° à + 75°	— 0,03 (4)	— 0,01 (5)	+ 0,14 (2)	+ 0,02 (3)
+ 75° à + 100°	+ 0,02 (4)	—	+ 0,02 (3)	— 0,01 (2)
+ 100° à + 130°	— 0,04 (4)	— 0,03 (2)	— 0,01 (2)	— 0,02 (3)

L'examen de ce tableau montre que neuf groupes sont lacunaires et sept autres comportent seulement une détermination. On peut en conclure, toutefois, que l'influence de la libration en longitude sur la magnitude de la Lune ne dépasse probablement pas quelques centièmes de magnitude, et que pour éliminer complètement les erreurs qui résultent de l'incertitude sur la détermination de K, un plus grand nombre d'observations serait nécessaire. Au voisinage de la pleine Lune, il semble que la Lune soit plus brillante pour une libration nulle que pour une libration fortement négative ; le sens de la variation est conforme à ce que l'on peut attendre de la répartition des mers sur la Lune, mais des observations ultérieures sont indispensables pour exprimer mathématiquement la loi de variation.

Comparaison avec les observations antérieures.

En superposant, sur la courbe qui résulte de mes propres observations, les graphiques exécutés à la même échelle, des observations faites antérieurement, j'ai cherché à déterminer la magnitude de la pleine Lune, dans l'échelle de magnitude adoptée pour chacun des observateurs ; le résultat est donné dans le tableau XXXIII qui indique aussi les limites entre lesquelles on peut hésiter en effectuant la superposition.

TABLEAU XXXIII

J. Herschel	$+ 0^m46$	$\pm 0^m04$	Pickering	$- 12^m61$	$\pm 0^m05$
Bond	$- 0,82$	$\pm 0,06$	King	$- 11,64$	$\pm 0,06$
Zöllner	$- 0,21$	$\pm 0,03$	Scheller	$- 0,90$	$\pm 0,10$
Wislicenus	$+ 4,75$	$\pm 0,03$	Stebbins et Brown.	$+ 1,52$	$\pm 0,06$

Ces valeurs correspondent à la magnitude — 3,04 de mon échelle. La magnitude de la P. L. déterminée à l'aide des seules observations de chacun des observateurs, serait différente du nombre inscrit dans le tableau.

La comparaison des observations antérieures, avec les miennes, appelle l'attention sur l'amplitude totale de la variation mesurée en fonction de Θ.

La superposition de la courbe moyenne de Wislicenus et de la mienne montre que l'accord le meilleur entre les deux séries d'observations est obtenu lorsque les deux courbes coïncident pour $\Theta = -70^\circ$ et $\Theta = +60^\circ$. Wislicenus trouve la Lune moins brillante que moi pour les phases plus proches de la pleine Lune et plus brillante pour les grands angles de phase. L'écart atteint et, exceptionnellement, dépasse $0^m,10$, comme en fait foi le tableau suivant.

TABLEAU XXXIV

Pleine Lune : $m_W - m_R = + 0^m,20$

Θ	$m_W - m_R$	Θ	$m_W - m_R$
— 10°	+ 0m16	+ 10°	+ 0m12
— 20°	+ 0,13	+ 20°	+ 0,10
— 30°	+ 0,10	+ 30°	+ 0,07
— 40°	+ 0,07	+ 40°	+ 0,06
— 50°	+ 0,04	+ 50°	+ 0,04
— 60°	+ 0,03	+ 60°	0
— 70°	0	+ 70°	— 0,02
— 80°	— 0,03	+ 80°	— 0,10
— 90°	— 0,07	+ 90°	— 0,14
— 100°	— 0,10	+ 100°	— 0,07
— 110°	— 0,09	+ 110°	— 0,06
— 120°	0	+ 120°	— 0,05
— 130°	0	+ 130°	— 0,06

J'ai cherché tout d'abord, si l'une ou l'autre des deux séries de mesures pouvait être affectée d'une erreur systématique, due au changement d'écran absorbant dans le cas de Wislicenus, ou au changement de lampe de comparaison pour ce qui me concerne, sans pouvoir trouver aucune cause d'erreur systématique, ni d'un côté, ni de l'autre.

Je ferai tout d'abord remarquer que l'écart considérable, trouvé pour la pleine Lune, serait atténué si, pour déterminer sa magnitude avec les observations de Wislicenus, on se bornait à utiliser les observations pour lesquelles on a : $|\Theta| < 5^o$ et la distance zénithale de la Lune assez faible.

Considérons les trois observations nos 34, 35, 36 (voir page 15) du 25 septembre 1893 qui ont permis de déterminer l'absorption ($K = 0^m,31$), et qui, par suite, présentent une bonne sécurité. Leur moyenne donne pour $\Theta = + 2^o,5$,

$$\mathbb{C} - \star \text{ réduit} = + 4^m,64,$$

ce qui correspond à : $m_W - m_R = + 0^m,11$. Les observations de Wislicenus accomplies dans les meilleures conditions, atténuent notre désaccord au moment de la pleine Lune, mais ne le suppriment pas.

Parmi les courbes des autres observateurs, je considère maintenant celles pour lesquelles les observations s'étendent sur un grand intervalle de phase. Pour les phases croissantes, la courbe de Bond (hormis la mesure qui concerne le croissant le plus fin et celle qui est entachée d'une erreur matérielle) est en bon accord avec la mienne (voir page 10). Pour les phases décroissantes, je suis égale-

ment d'accord pour l'amplitude de la variation avec Pickering (voir page 19) ; lorsque la superposition des courbes est réalisée pour les phases décroissantes, les observations de Pickering en phase croissante (à l'exception de celle que Pickering lui-même considère comme erronée), sont également en bon accord avec ma courbe. Ces deux auteurs ont employé le même procédé de gradation de la lumière que j'ai adopté, tandis que Wislicenus a eu recours à la loi de Malus, de même que Zöllner dont les observations accusent également un déficit relatif au moment de la pleine Lune.

Il est intéressant de se rendre compte des résultats qu'on obtient avec un autre procédé de gradation de la lumière. Je me servirai pour cela des observations de Graff, dont je n'ai pas fait état dans le premier chapitre, parce que ses mesures étaient faites dans le but de déterminer la valeur en lux de l'éclairement donné par la pleine Lune et par suite étaient limitées à des phases très voisines de cette dernière.

Ces observations ont été exécutées avec un photomètre de Weber (*A. N.*, 4.729, Bd 198, p. 14) ; l'observateur visait, à l'aide de cet instrument qui comporte une source auxiliaire, alternativement la Lune et un étalon Hefner. Les mesures ont porté sur trois soirées : 1913 Décembre 14, 1914 Janvier 11 et 13. Pour réduire ses observations à la phase nulle, Graff s'est servi d'une courbe qu'il a déduite des observations d'Herschel, Pickering et Zöllner. D'après ce que j'ai dit ci-dessus des observations de ce dernier, on peut s'attendre à ce que la courbe de réduction ait une amplitude trop faible ; si cette hypothèse est correcte, les valeurs déterminées par Graff doivent présenter une allure systématique en fonction de l'angle de phase. C'est effectivement ce que l'on constate, d'après le tableau suivant tiré des observations de Graff.

TABLEAU XXXV

Date	Θ	E	Δm
1913 Décembre 14	16°,5	0,274	+ 0^m,09
1914 Janvier 11	4°	0,297	0
— — 13	22°,5	0,250	+ 0,19

La colonne E donne l'éclairement de la pleine Lune à la distance moyenne, évalué par rapport à la lampe Hefner placée à 1 mètre ; on en tire, en prenant comme origine l'observation faite pour $\Theta = 4°$, les valeurs de Δm qui montrent que les mesures sont nettement sous-corrigées pour ce qui concerne la phase.

En réduisant les observations de Graff à la manière habituelle, j'en déduis en prenant la même origine que ci-dessus les valeurs Δ_{mG} :

TABLEAU XXXVI

Θ	Δ_{mG}	Δ_{mR}
4°	0	0
16°,5	+ 0^m,40	+ 0^m,46
22°,5	+ 0^m,59	+ 0^m,63

Les valeurs de Δ_{mR} tirées de ma courbe montrent que si elle était utilisée pour corriger les observations de Graff de l'effet de phase, les valeurs seraient légèrement sur-corrigées.

Toutefois l'écart des mesures de Graff et des miennes pour l'angle de 22°,5 reste tolérable, étant donné le petit nombre des mesures de Graff d'une part, et la qualité des miennes pour les angles de phases les plus faibles d'autre part.

Les observations de Graff confirment la chute rapide de l'éclairement que j'ai constatée moi-même au voisinage de la pleine Lune.

Les résultats expérimentaux confrontés avec la théorie.

Les divers auteurs, Zöllner excepté, qui ont abordé le problème de la réflexion diffuse par une sphère, en vue d'utiliser les observations photométriques globales, exécutées sur la Lune ou une planète à une phase quelconque, ont délibérément fait abstraction du relief et implicitement admis, comme base de tous leurs calculs, que la sphère était parfaitement unie.

Le modèle concret qui satisferait le mieux aux hypothèses faites, serait une sphère de plâtre blanc, non polie, matière dont l'indicatrice de diffusion s'écarte très peu du cercle théorique de la loi de Lambert.

Conformément à cette loi, la quantité de lumière émise dans la direction ε par l'élément de surface ds éclairé sous l'incidence i, serait à une constante γ près :

$$dq = \gamma \cos i \cos \varepsilon \, ds.$$

L'intégration, étendue à toute la partie visible éclairée (Muller, *Photometrie der Cestirne*, p. 58) donne pour l'angle de phase Θ :

$$q = \Gamma [\sin \Theta + (\pi - \Theta) \cos \Theta].$$

Telle est la formule établie par Lambert, si la constante Γ contient tous les termes indépendants de la phase. Bond avait mis en évidence le désaccord entre cette formule et l'observation en discutant les mesures de John Herschel (*Memoirs*

of the American Academy, Vol. VIII, p. 241 à 244) ; il a confirmé ce résultat par ses propres observations (*loc. cit.*, p. 257) et a échoué dans ses efforts pour trouver une formule empirique satisfaisante.

Si l'on admet la loi de Lambert, l'albedo est indépendant de l'angle d'inci-

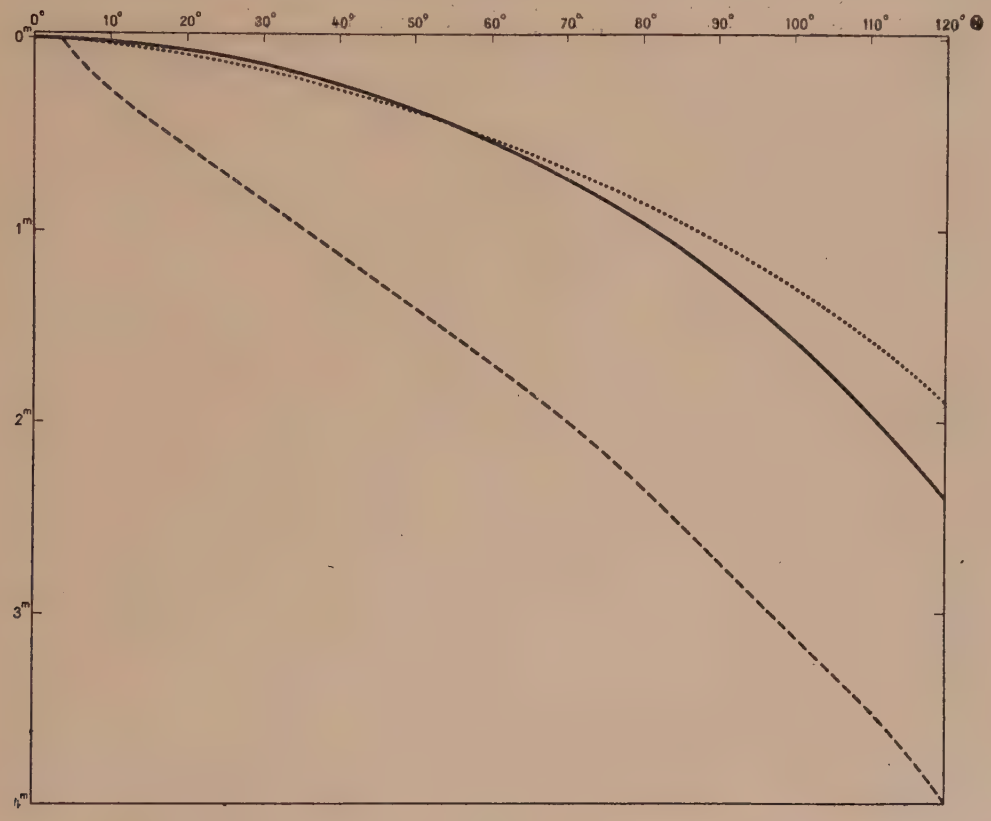


Fig. 35.

——— Courbe de lumière théorique d'après la loi de Lambert.
..... — — d'après la loi de Lommel-Seeliger.
– – – – – – — expérimentale.

dence. Seeliger a montré (*Abhandlungen der K. bayer. Akademie der Wissenschaften*, Vol. XVI, 1888, p. 430), que pour d'autres lois de réflexion, qu'elles soient déduites de l'expérience ou à l'aide de considérations théoriques, l'albedo était fonction de l'angle d'incidence ; il a établi une formule, connue sous le nom de loi de Lommel-Seeliger, qui donne pour la quantité de lumière émise dans la direction ε par l'élément ds

$$dq_1 = \gamma_1 \frac{\cos i \cos \varepsilon}{\cos i + \lambda \cos \varepsilon} ds.$$

En prenant le paramètre λ égal à l'unité (Muller, *loc. cit.*, p. 60), l'intégrale étendue à toute la surface visible éclairée donne pour l'angle de phase Θ :

$$q_1 = \Gamma_1 \left[1 - \sin\frac{\Theta}{2} \operatorname{tg}\frac{\Theta}{2} \log \operatorname{cotg}\frac{\Theta}{4} \right].$$

En ce qui concerne la Lune, l'accord n'est pas meilleur qu'avec la loi de Lambert ; la figure 35, qui reproduit les courbes de lumière calculées à l'aide de ces formules et la courbe expérimentale, montre à quel point les hypothèses qui ont servi de base au calcul, sont peu conformes à la réalité.

Zöllner a essayé de mettre sur pied une théorie (*Photometrische Untersuchungen*, p. 16 à 68), qui tienne compte du relief très accusé, révélé par l'observation télescopique. Cette tentative n'a pas été couronnée de succès ; les hypothèses simplificatrices, qu'il a introduites pour rendre le calcul possible, l'ont conduit à adopter un modèle, cylindre cannelé à arêtes vives, trop différent de l'original.

Les hypothèses, qui sont à la base de sa théorie, ont été critiquées par Searle (*Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*, Vol. XIX, 1884, p. 310 à 323) et par Seeliger (*Vierteljahreschrift der Astr. Gesellschaft*, 1886, p. 216 à 229), qui ont montré que, par suite d'une erreur commise sur les limites d'intégration, la formule, établie par Zöllner, est correcte seulement dans un intervalle limité de phase ; les observations de Zöllner étant toutes réparties en dehors de cet intervalle, l'accord de sa formule et de ses observations est purement fortuit.

Du reste, étant donnée la pente des montagnes lunaires, il ne semble pas que le relief, qui nous est révélé par l'observation télescopique, suffise à lui seul, pour expliquer *la décroissance rapide et anormale* de la brillance globale, dès que la phase s'écarte de la pleine Lune. En effet, au début l'influence du terminateur est faible par suite de la perspective et atténuée encore du fait que les ombres sont en partie cachées par les montagnes qui les produisent.

Une diminution aussi rapide de la brillance globale ne peut, selon toute vraisemblance, être causée que par une diminution de brillance, affectant la quasi totalité de la surface lunaire, et provenant de la structure même du sol.

On est donc conduit à envisager l'influence d'un relief à une toute autre échelle que celui qui nous est connu, d'un relief qui serait bien au-dessous de la limite du pouvoir séparateur de nos télescopes les plus puissants.

Si on suppose que le sol lunaire est rugueux, spongieux même et parsemé de cavités à pentes abruptes, dès que le Soleil vu de la Lune s'écarte de la Terre,

l'observateur placé sur cette dernière percevra l'effet global des ombres portées dans le fond des anfractuosités ; toute la partie visible de la Lune grisera progressivement. L'expérience seule peut nous permettre de vérifier cette hypothèse, et c'est pourquoi j'ai été amené à exécuter quelques séries de mesures photométriques sur des substances rugueuses.

J'ai utilisé pour cela le photomètre à plages sans écran diffusant de l'Observatoire de Strasbourg.

Le support du prisme à réflexion totale, qui permet d'explorer le ciel, est

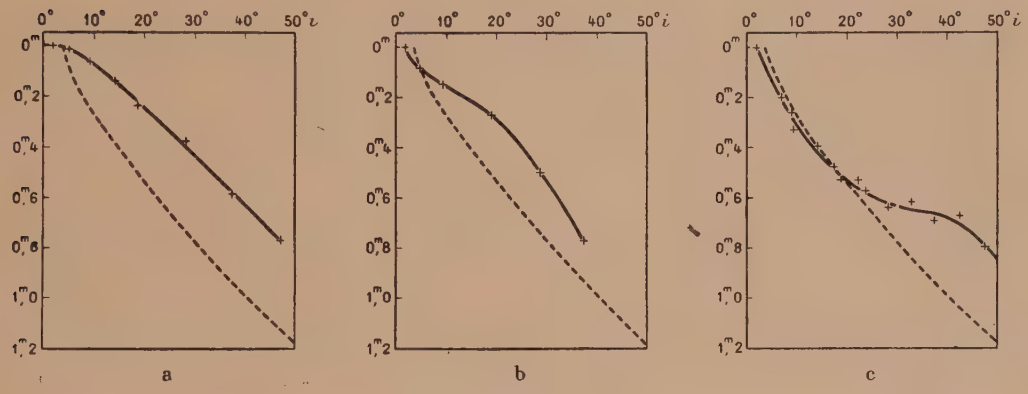


Fig. 36.

muni d'un cercle divisé pour repérer exactement la hauteur de la direction de visée ; j'ai ajouté un support léger et suffisamment rigide sur la plaque qui porte le prisme et j'ai fixé le corps rugueux à l'extrémité de ce support.

Le corps est éclairé par la lampe à incandescence (130^{v}, 200^{w}) d'une lanterne de projection dont l'objectif et le condensateur sont supprimés. La lampe est placée dans la lanterne, de manière à donner un faisceau assez large pour que la lampe, vue du corps rugueux, ne soit masquée pour aucune des positions que peut occuper ce dernier et les précautions sont prises pour éliminer la lumière parasite.

La source lumineuse est placée à 7 m. 77 de l'axe de rotation du prisme, et la surface rugueuse à 0 m. 51 de ce même axe. Pour chaque mesure, la lecture faite sur le cercle divisé permet de calculer la distance à la source et l'angle moyen d'incidence des rayons lumineux.

J'ai d'abord examiné des substances rugueuses sur surfaces d'appui planes pour me rendre compte si leurs indicatrices de diffusion accusaient une diminu-

tion suffisante de la lumière diffusée lorsque l'angle d'incidence variait, la substance étant observée normalement à la surface d'appui.

La diminution de brillance de ces diverses surfaces rugueuses, en fonction de l'angle d'incidence, est représentée sur la figure 36 ; elle est exprimée en magnitudes et corrigée de la variation de distance à la source. La courbe de variation de la brillance globale de la Lune, en fonction de l'angle Θ est reproduite en trait pointillé pour faciliter la comparaison.

a) *Eponge de caoutchouc.* — La substance étant un peu translucide, la chute est peu marquée au début. La courbe est concave vers le bas, à l'inverse de ce qui se produit pour la Lune.

b) *Pierre ponce grossièrement planée, dans laquelle ont été creusées des cavités circulaires profondes de 2 mm.* — On observe une chute assez marquée lorsque i augmente de 1°,5 à 4°,9, moins accentuée ensuite jusque vers 20° ; dans l'ensemble la courbe est concave vers le bas.

c) *Lit de graviers fins fixés avec un peu de gomme arabique sur une planchette plane.* — Lorsqu'on s'écarte de l'incidence normale, on observe une chute de brillance, qui, au moins au début, correspond à celle de la Lune. En examinant la surface mesurée, j'ai constaté la présence de quelques points brillants, dus à la réflexion régulière sur le support du lit de graviers, visible dans les interstices. D'autre part la courbe présente une anomalie ; la brillance ne change presque pas lorsque l'angle d'incidence varie entre 25° et 45°.

Cette anomalie pourrait être due à la rotation du prisme, utilisée pour faire varier l'angle d'incidence, rotation qui intervenait pour modifier progressivement la région de la surface soumise à l'examen.

Pour contrôler ces résultats, en examinant toujours la même région de la surface, j'ai fait tourner le photomètre sur l'axe vertical qui le supporte, le prisme restant fixe. Des repères, marqués de 10 grades en 10 grades sur le support, permettaient le calcul des angles d'incidence. D'autre part, l'extrémité du support a été légèrement modifiée, pour permettre d'observer le lit de graviers sous diverses inclinaisons.

Les mesures ont été reprises, en choisissant une région où la réflexion spéculaire n'intervenait en aucun point. Trois séries ont été exécutées, en observant le lit de graviers sous les angles d'émission : $\varepsilon = 0°$, $\varepsilon = 30°$, $\varepsilon = 60°$. Leur résultat est donné figure 37. Les angles d'incidence sont affectés du signe moins lorsque la direction d'incidence est du même côté que la direction d'émission par rapport à la normale à la surface d'appui.

Si on considère la courbe qui correspond à l'émission normale, la chute de brillance, plus faible que celle de la Lune au début, devient rapidement plus accentuée. Lorsque l'angle d'incidence atteint 40°, la chute de brillance est identique à celle de la brillance globale de la Lune pour l'angle de phase $\Theta = 40°$. Une structure rugueuse paraît donc bien susceptible de conduire à la solution du problème. L'examen des trois courbes montre en outre que, lorsque la surface

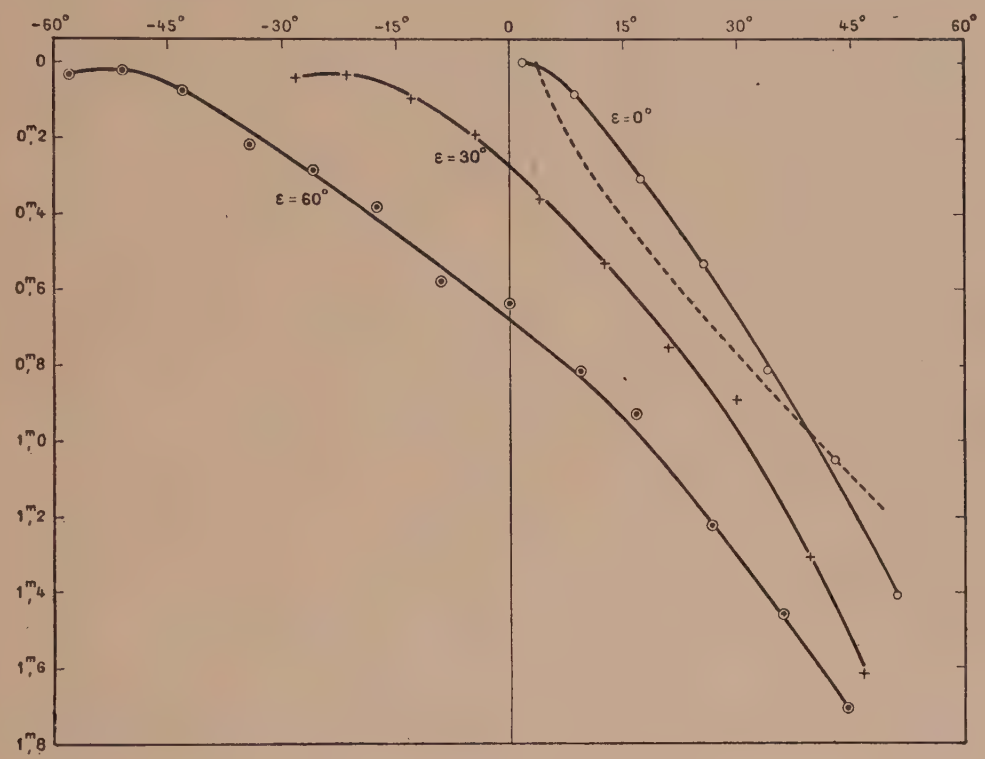


Fig. 37.

rugueuse est éclairée dans une direction très voisine de celle où se fait l'émission, la brillance reste, à quelques centièmes de magnitude près, la même quelle que soit la direction d'émission. En extrapolant ce résultat jusqu'à $\varepsilon = 90°$, on s'explique pourquoi le limbe est aussi brillant que le reste de la surface au moment de la pleine Lune.

Mais les trois courbes de brillance de la surface rugueuse ont leur concavité tournée vers le bas tandis que celle de la Lune a sa concavité tournée vers le haut. Si l'on se reporte à l'expérience précédente où intervenait la réflexion spéculaire, il semble qu'il faille recourir à cette dernière pour expliquer la courbe de

brillance de la Lune. Il est très vraisemblable que des points de la surface lunaire puissent donner de la réflexion spéculaire, mais on ne voit pas pourquoi ce genre de réflexion ne pourrait prendre naissance que pour de petits angles de phase. S'il existe des cristaux sur la surface lunaire, les faces réfléchissantes doivent être distribuées au hasard, et, quelle que soit la direction du Soleil, il s'en trouve toujours qui sont orientés de manière à donner la réflexion spéculaire dans la direction de la Terre. Il faudrait admettre, puisque les régions centrales ne sont pas en moyenne plus brillantes que les autres, qu'une influence directrice ait joué, pour orienter la majeure partie des cristaux sur tout l'hémisphère visible suivant un plan privilégié normal à la direction de la Terre. Une telle hypothèse est trop invraisemblable pour pouvoir être admise.

Les expériences précédentes ont été exécutées dans des conditions encore trop éloignées de celles qui existent en réalité. Sur la Lune tous les angles d'incidence possibles se présentent à la fois sur l'ensemble de la surface. C'est pourquoi je me suis décidé à expérimenter sur *une sphère rugueuse*.

J'ai réalisé ce modèle de la façon suivante : une boule en buis de 35 mm. de diamètre, fixée sur une longue aiguille d'acier, est saupoudrée de gravier fin (diamètre moyen 1 mm. 5) après avoir été enduite d'une légère couche de gomme arabique.

Je me suis efforcé de rendre tous les éléments de gravier bien jointifs sur tout l'hémisphère, opposé à l'aiguille, qui doit être dirigé vers la source lumineuse.

Les aspérités représentent environ 1 /25 du diamètre de la sphère rugueuse. Le modèle est donc très grossier, puisque sur la Lune les aspérités dont je suppose l'existence ne représentent qu'une fraction négligeable de son diamètre qui, en chiffres ronds, est égal à 3 450 km. Les montagnes les plus hautes, qui ont une altitude de 8 km., forment des aspérités qui atteignent seulement 1 /430 du diamètre.

Il serait évidemment préférable d'employer une sphère plus volumineuse que celle que j'ai choisie ; son diamètre m'a été imposé par les dimensions du local dont je pouvais disposer.

Pour déterminer la courbe de lumière de la sphère rugueuse, l'expérience a été conduite ainsi. Le modèle était fixé sur un support à 1 m. 20 au-dessus du sol et, pour se rapprocher le plus possible de la réalité, la boule était éclairée par la lanterne de projection, munie de son condensateur, placée à une distance telle que l'angle sous-tendu par la source vue de la boule fût de 1 /2 degré.

Pour voir du lieu d'observation la sphère sous un angle de 1 /2 degré, le

photomètre aurait dû être placé à une distance de 4 m. Les dimensions du local ne permettant pas de tourner avec le photomètre autour de la boule à une distance aussi grande, j'ai adopté pour l'observation la plus grande distance possible, soit 2 m. 12. Dans ces conditions l'image de la boule était contenue tout entière à l'intérieur de l'œilleton.

Un cercle, tracé sur le plancher, était divisé de 10° en 10° à partir de la droite qui joignait la source à la boule. Dès que l'observateur s'écartait de cette

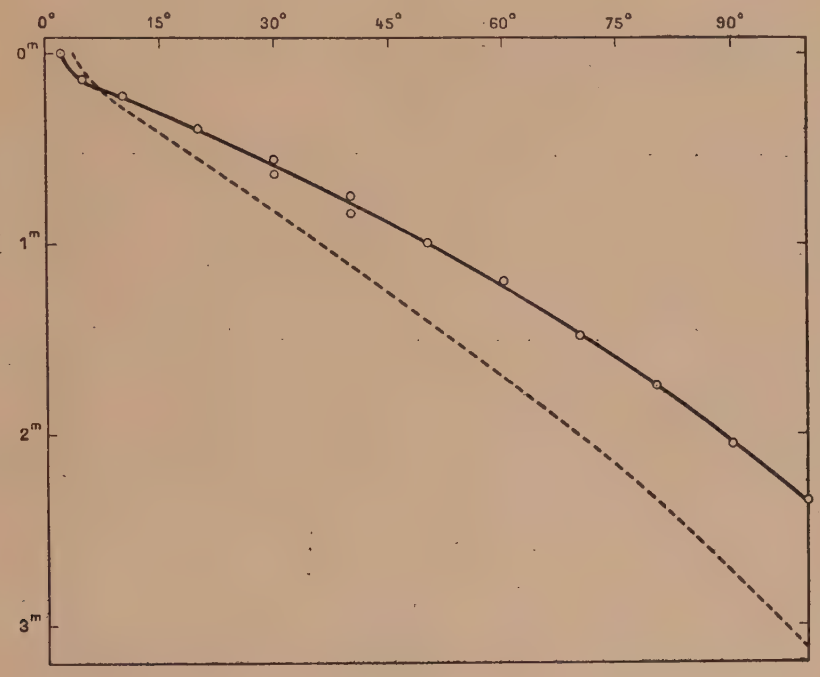


Fig. 38.

direction, il constatait que la boule s'assombrissait ; d'autre part en tournant autour il voyait le limbe du modèle toujours brillant, comme l'est effectivement le limbe lunaire.

Pour effectuer les mesures, le photomètre était mis en place chaque fois à l'aide d'un fil à plomb avec une erreur sur la distance, certainement inférieure au 1/100e. L'erreur sur l'angle de phase atteignait au plus le demi-degré.

Le tableau suivant donne les résultats des mesures et la courbe de lumière est reproduite sur la figure 38.

TABLEAU XXXVII

Θ	m_g	m_d
2°	0	0
5°	—	+ 0m14
10°	+ 0m24	+ 0,21
20°	+ 0,39	+ 0,40
30°	+ 0,56	+ 0,63
40°	+ 0,75	+ 0,83
50°	+ 0,99	+ 1,00
60°	+ 1,20	
70°	+ 1,48	
80°	+ 1,74	
90°	+ 2,04	
100°	+ 2,34	

Pour éviter l'ombre portée sur le modèle par l'appareil de visée du photomètre, les mesures, prises comme origine des différences de magnitudes, ont été obtenues pour une position du photomètre correspondant à un angle de phase le plus petit possible, sensiblement égal à 2°, de part et d'autre de la direction de la source lumineuse. Les mesures ont été faites également de part et d'autre pour les angles de phase jusqu'à 50°. L'écart maximum entre les deux positions atteint 0 m. 08 pour $\Theta = 40°$. Des mesures de vérification ont été faites qui ont confirmé l'écart pour cet angle de phase.

Les mesures n'ont pas été poursuivies au delà de $\Theta = 100°$, parce que la lumière parasite, diffusée par les murs de la salle sur la partie arrière du modèle, et qu'il était impossible de supprimer, constituait une source d'erreur trop importante.

Pour les angles de phase faibles, l'erreur commise de ce fait peut être considérée comme négligeable jusqu'au voisinage de 60°.

Conclusion. — La courbe de lumière du modèle adopté est effectivement analogue à celle de la Lune. Elle présente en particulier une chute assez rapide pour les petits angles de phase ; mais la perte de lumière, en fonction de la phase, est moindre que celle observée sur la Lune. Il faut en conclure que la structure du modèle, quoique se rapprochant de la structure inconnue du sol lunaire, constitue encore une image insuffisamment fidèle de ce dernier.

La structure des montagnes de la Lune, révélée par l'observation télescopique, témoigne déjà que les conditions physiques, qui ont prévalu au moment où la croûte s'est solidifiée, différaient profondément de celles qui ont régné lors de la solidification de notre globe.

Il ne faut donc pas s'étonner si le relief à petite échelle, que j'ai supposé

semblable à celui de notre planète dans les expériences ici décrites, possède aussi une structure qui serait particulière à notre satellite. Les variations très grandes de température, qui résultent de l'absence d'atmosphère, ont vraisemblablement contribué aussi à donner à ce relief une physionomie très spéciale.

Quoi qu'il en soit des causes, sur lesquelles nous pouvons faire seulement des hypothèses, de nouvelles expériences seront indispensables pour serrer le problème de plus près.

Il n'y aurait pas de guide plus sûr pour la conception de nouveaux modèles que l'observation microphotométrique précise de la surface de notre satellite, ou tout au moins celle de régions convenablement choisies ; elles devraient être réparties de manière à ce que les observations fournissent des renseignements pour des angles d'émission variant entre 0° et 90°, lorsque l'angle d'incidence prend toutes les valeurs que permet d'atteindre la hauteur à laquelle le Soleil culmine sur chaque région. C'est une tâche qui vaut les efforts qu'elle demande pour être menée à bien.

La principale difficulté parmi celles que l'on rencontre dans la réalisation d'un tel programme réside dans la détermination de l'absorption atmosphérique au moment où ont lieu les observations. Je ferai remarquer que, grâce à la courbe de lumière établie dans le présent travail, quelques observations photométriques globales de la Lune, exécutées avant et après les observations relatives à la microphotométrie de la surface, donneront la correction d'absorption atmosphérique dans la direction de la Lune avec une précision de l'ordre du 1/100.

SOMMAIRE

L'étude des observations antérieures dont Russell s'est servi pour établir la courbe de lumière de la Lune en fonction de l'angle de phase, m'a montré que ces observations sont entachées d'erreurs très supérieures à celles qu'on est en droit d'attendre des mesures photométriques. Ces erreurs proviennent en majeure partie de l'incertitude des corrections d'absorption atmosphérique.

J'ai mis au point un photomètre photoélectrique adapté à la mesure d'éclairements compris entre le lux et le millième de lux, intervalle dans lequel s'échelonnent les éclairements donnés sur la Terre par notre satellite, lorsque sa distance angulaire au Soleil est suffisante pour qu'il soit visible en dehors du crépuscule.

Le courant photoélectrique est amplifié à l'aide d'une lampe bigrille pour permettre d'utiliser un microampèremètre comme appareil de mesure. Grâce à cette amplification, le dispositif est facilement transportable et peut être installé rapidement dans n'importe quelle station.

Les premières mesures effectuées à l'aide de cet instrument, à Strasbourg en 1928, m'ont bientôt montré que la précision de la méthode de mesure est illusoire, si l'on emploie une valeur moyenne de l'absorption atmosphérique pour réduire les mesures ; il est donc absolument nécessaire de conduire les observations de manière à déterminer le coefficient d'absorption K propre à chaque soirée.

Dans ce but, les observations, effectuées au cours d'une même nuit, sont corrigées pour être ramenées toutes à une même distance de la Lune et à un même angle de phase, pris comme base. Les observations corrigées servent à tracer la droite de Bouguer dont la pente fournit la valeur de K.

Cette détermination est possible, lorsque les circonstances atmosphériques sont favorables ; mais, j'ai rencontré des nuits pures en apparence, qui ne se

prêtent pas à cette détermination. Les observations conduisent à admettre que, par ciel dépourvu de nébulosité visible, des fluctuations de l'absorption, parfois importantes, peuvent prendre naissance.

J'ai mis en évidence des fluctuations à évolution lente, qui dépendent de la situation météorologique. Elles peuvent être irrégulières, lorsque la situation météorologique est troublée, ou se développer progressivement dans un même sens ; j'ai constaté, en effet, une diminution du facteur de transmission par ciel pur, avant que le ciel ne devienne nuageux et inversement une augmentation de ce même facteur après que les nuages se sont dissipés. Cette période de transition peut durer plusieurs heures.

J'ai observé aussi des fluctuations à évolution rapide, caractérisées par le fait que l'aiguille du microampèremètre n'atteint à aucun instant une déviation stable. Ces fluctuations peuvent précéder de plusieurs minutes l'apparition des premiers nuages visibles dans la direction de l'astre ; mais toutes les formes de nuages ne donnent pas naissance à de semblables fluctuations. Les fluctuations à évolution rapide observées à Strasbourg, en 1932, sont certainement imputables aux fumées.

La statistique des valeurs de K, déterminées au cours de mes observations, montre nettement, par le large intervalle sur lequel elles sont réparties, que l'usage de tables d'absorption, basées sur une valeur moyenne de K, doit être proscrit ; en dehors d'une période de beau temps très stable, leur emploi conduit à de larges erreurs. La dispersion de mes observations n'aurait pas été inférieure à celle des observations photographiques de King, si je ne m'étais pas astreint à contrôler chaque nuit l'absorption.

Les courbes de lumière calculées, en admettant la loi de Lambert ou celle de Lommel-Seeliger, qui supposent toutes deux implicitement que la Lune est une sphère unie, sont en très large désaccord avec la courbe de lumière expérimentale.

Une particularité singulière de cette dernière consiste dans la chute rapide de l'éclairement que l'on constate au voisinage de la pleine Lune. Cette décroissance rapide ne peut s'expliquer qu'en admettant une diminution de brillance affectant toute la partie éclairée de notre satellite.

Grâce au télescope, l'orographie de la Lune nous est depuis longtemps connue ; mais, à cause de la distance, nous ignorons tout de la structure du sol de notre satellite. Cette diminution anormale de brillance nous amène naturellement à supposer que le sol lunaire est extrêmement rugueux.

J'ai donc cherché à me rendre compte par des mesures photométriques effectuées sur des corps rugueux, s'il était possible d'obtenir, en fonction de

l'angle d'incidence sur la surface d'appui, une diminution de brillance aussi accusée que sur la Lune.

Une sphère dont la surface est recouverte de graviers fins, donne effectivement une courbe de lumière analogue à celle de la Lune. Toutefois, ce modèle ne constitue pas une image assez fidèle de l'original et donne une perte de lumière moins accentuée. Il serait très souhaitable que la microphotométrie précise de la surface lunaire fût réalisée ; il est indispensable, en effet, de s'appuyer sur l'observation, pour que de nouvelles expériences permettent d'élucider complètement le problème posé par la courbe de lumière de la Lune.

Je me fais un devoir, en terminant, de remercier les personnes qui se sont intéressées à mes recherches et ont facilité ma tâche.

Je veux, tout d'abord, évoquer la mémoire du très regretté Général Ferrié, qui a généreusement donné à l'Observatoire de Strasbourg les lampes amplificatrices bigrilles sans lesquelles je n'aurais pas pu entreprendre ce travail.

Je tiens à remercier tout particulièrement M. Esclangon, Directeur de l'Observatoire de Paris, qui, par son aimable accueil, m'a permis de commencer les observations sous le beau ciel de Provence et M. Danjon, Directeur de l'Observatoire de Strasbourg, qui m'a accordé, avec la plus grande bienveillance, toutes facilités pour les poursuivre, et auquel je suis redevable de très précieux conseils.

Mme Rougier, en m'assistant avec persévérance au cours de séances d'observations, parfois épuisantes, m'a permis de multiplier les mesures et de rendre le travail plus fructueux ; elle a bien voulu, en outre, se charger de la vérification de la majeure partie des calculs de réduction. Je suis très heureux de lui apporter ici le témoignage de mon affectueuse gratitude.

M. Hackspill et M. Ribaud, Professeurs à la Sorbonne, ont mis à ma disposition les ressources de leur laboratoire à l'Institut de Chimie de Strasbourg pour la préparation des cellules photoélectriques et à l'Institut de Physique de Strasbourg pour le choix et le réglage des lampes pyrométriques que j'ai utilisées comme étalon. Qu'ils veuillent bien trouver ici l'expression de ma vive reconnaissance.

Enfin je remercie M. Bernardin, qui m'a offert gracieusement, à Sanary, un local particulièrement commode pour l'installation de mes appareils.

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

Température des Étoiles.

Vu et approuvé :
Strasbourg, le 3 juin 1933,
LE DOYEN DE LA FACULTÉ DES SCIENCES
E. ROTHÉ.

Vu et permis d'imprimer :
Strasbourg, le 7 juin 1933,
LE RECTEUR DE L'ACADÉMIE,
J. DRESCH

6-1933. — ORLEANS, IMPRIMERIE HENRI TESSIER